

Tie- ja vesirakennushallitus 1970

RAKENTAMINEN

TIIDINMÄIT

MAARAKENNUSALAN TUTKIMUS- JA SUUNNITTELUOHJEITA

osa III

MAARAKENNUSALAN TUTKIMUS- JA SUUNNITTELUOHJEITA

osa III

tutkimustöiden suunnittelu ja järjestely

Tämä kirja on kolmas osa viisiosaisesta sarjasta, jonka muodostavat:

- I maaperä ja sen tutkimismenetelmät
- II laboratoriotutkimukset
- III tutkimustöiden suunnittelu ja järjestely
- IV geoteknillinen suunnittelu ja perustamismenetelmät
- V materiaalit, massojen käyttö ja työmenetelmät

OSA III, SISÄLLYSLUETTELO

ERI KOHTEIDEN TUTKIMUKSET	7
1 Maaperäsuhteiden yleisselvitykset	8
.11 Yleisten topografisten ja geologisten tietojen hankkiminen	8
.12 Yleisselvitysten maaperätutkimukset	9
.13 Maaperäsuhteiden yleisselvitysten esittäminen	14
2 Yksityiskohtaiset maa- ja kallioperäselvitykset	17
.21 Kallioperän tutkiminen	17
.211 Kallion pinnan sijainnin selvitys	17
.212 Kallion laadun selvitys	19
.213 Kalliotutkimusten esittäminen	21
.22 Maaleikkausten tutkiminen	23
.221 Materiaalin käyttömahdollisuuksien selvittäminen	23
.222 Irrotettavuuden selvittäminen	28
.223 Vakavuuskysymysten selvittäminen	29
.23 Penkereiden ja patojen alustan tutkiminen	36
.24 Rakennusmateriaalien ottopaikkojen tutkimukset	46
.241 Maa-ainesten ottopaikkojen tutkimukset	46
.242 Kiviainesten ottopaikkojen tutkimukset	49
.25 Läjitysalueiden tutkiminen	50
3 Eri kohteiden erikoistutkimukset	52
.31 Sillat ja rummut	52
.32 Laiva- ja lauttalaiturit	61
.33 Vesitiet	68
.34 Vesistöjen säännöstely ja järjestely	72
.35 Pohjavesi	76
.351 Kaivonpaikan tutkimukset	76
.352 Pohjaveden suojaus	84
.353 Pohjaveden pinnan alentamismahdollisuuksien selvittely	85
.36 Siirtymäkiilat	88
.37 Johtolinjat	93
.38 Talonrakennus	95
.39 Tunnelit ja kalliosuojat	102
2. TUTKIMUSTÖIDEN JÄRJESTELY JA NIVELTÄMINEN SUUNNITTELUTYÖHÖN	109
2.1 Tutkimus- ja suunnitteluprosessin yleinen kulku	110
2.11 Maatutkimustoiminnan kokonaiskenttä	110
2.12 Suunnittelijoiden ja maaperästä hankittavan informaation merkitys suunnittelu- ja rakentamisprosessin eri vaiheissa	110
2.13 Maarakennusteknillisen suunnitelman laatiminen — prosessitekniinen kuvaus	113
2.131 Suunnittelun yleinen vaihejako	113
2.132 Yleissuunnitelma	113
2.133 Rakennussuunnitelma	117

2.2	Maaperäsuhteet ja rakenteiden sovittaminen maastoon	12
2.21	Geologisten kokonaispiirteiden vaikutus	12
2.22	Linjan tarkempi sijoitus	13
2.23	Linjan ja tasauksen viimeistely	13
2.24	Eräitä erikoistapauksia	13
2.25	Rakenteen luokan ja liikenteen merkitys	13
2.26	Maaperäsuhteet ja linjavaihtoehtojen vertailu	13
2.27	Maaperäsuhteet ja muut näkökohdat	13
2.3	Järjestelyohjeita	13
2.31	Tutkimustyömaan perustaminen	13
2.32	Järjestely ja työn valvonta	13
2.33	Tutkimusaikataulut ja -ohjelmat	13
2.34	Kenttätutkimusten suunnittelu	14
2.341	Eri tutkimusmenetelmien teknilliset mahdollisuudet ja rajoitukset ..	14
2.342	Työsaavutukset ja kustannukset tutkimustöissä	14
2.343	Yhteenveto tutkimusmenetelmien valintaperusteista	14
2.344	Näkökohtia tutkimusten vaatimustasosta	15
2.35	Tutkimustulosten käsittely	15
2.351	Tutkimustulosten muistiinmerkitseminen	15
2.352	Tutkimustulosten esittäminen	15
2.36	Suunnitelma-asiakirjat	15
2.361	Kirjalliset selvitykset	15
2.362	Piirustukset	15
2.37	Tutkimustulosten ja suunnitelmien arkistointi	15
2.371	Suunnitelmaa koskevan tutkimusmateriaalin tallentaminen	15
2.372	Muun tutkimusmateriaalin tallentaminen	15
2.38	ATK:n käyttömahdollisuudet	15
	TEKIJJÄT	15

1. ERI KOHTEIDEN TUTKIMUKSET

1.1 Maaperäsuhteiden yleisselvitykset

Maaperäsuhteiden yleisselvitykset liittyvät suunnitteluvaiheeseen, jossa määräytyvät rakenteen likimääräinen sijainti maastossa ja geometrinen muoto.

1.11 YLEISTEN TOPOGRAFISTEN JA GEOLOGISTEN TIETOJEN HANKKIMINEN

Ensimmäinen tutkimusvaihe käsittää alueelta saatavissa olevan maaperää koskevan valmiin materiaalin hankkimisen ja siihen perehtymisen. Tällaista materiaalia ovat lähinnä:

- 1) peruskartat tai (lähinnä Pohjois-Suomessa) vastaavat topografikartat 1: 20 000. Peruskartat antavat hyvän kokonaiskuvan maaston topografiasta, joka yhdessä mm. kartalla esitettyjen maankäyttötöpojen (esim. pellot, sorakuopat jne.) ja kasvullisuuden (esim. vesipäiset alueet ja suot esitetty selvästi) kanssa antaa mahdollisuuden tehdä päätelmiä alueiden geologisesta luonteesta ja maala-jeista. Erikoisesti pehmeikköalueet voidaan usein rajata jo peruskartoilta.
- 2) geologiset maaperäkartat 1: 100 000 ja kallioperäkartat 1: 100 000 tai (kaikilta alueilta ei edellisiä ole saatavissa) geologiset yleiskartat 1: 400 000. Geologisia karttoja käytettäessä kannattaa erikoisesti ottaa huomioon, että karkearaakeset kitkamaaesiintymät (kartoilla vihreät alueet) saattavat olla pait-

si harjumuodostumia, myös ohuita rantakerrostumia, joiden todellinen merkitys esim. rakennusmateriaalin saannin kannalta saattaa olla vähäinen. Rakentajaa eniten kiinnostavat sora- ja hiekkaesiintymät ovat muinaisjäätikön liikkeen suuntaisia yhtenäisiä harjumuodostumia tai sitä vastaan koh-tisuoria ns. reunamoreeneja (esim. Salpausselät).

Savi- ja hiesualueet (kartoilla siniset alueet) pitävät yleensä hyvin paikkansa. Avokalliot (kartoilla punaiset alueet) saattavat osittain olla ohuen sammal- tai maapeitteen alla.

- 3) agrogeologiset kartat 1: 20 000 (vain paikallisesti saatavana lähinnä Helsingin, Tampereen, Oulun ja Rovaniemen ympäristössä). Suuremmasta mittakaavastaan huolimatta eivät agrogeologiset kartat vaikuta niin hyvin soveltuvan rakennusalan tarpeisiin kuin geologiset kartat.

Karttoja ja nykyistä kartastotilannetta on yksityiskohtaisesti käsitelty mm. Maa- ja vesirakentajan (uudessa) käsikirjassa (RIL 1968) s. 70... 80 ja 109.

- 4) alueella mahd. suoritettuun kaavoitukseen tai muihin alueellisiin selvityksiin liittyvät maaperätutkimukset (seutukaavaliitot, kaupungit, kauppalat ja kunnat).
- 5) alueelle rakennettujen tai suunniteltujen rakenteiden (tiet, rauta-

tiet, kuivatustyöt, rakennukset ym.) maaperätutkimukset. Tällaisia tutkimustuloksia voi olla esim. seuraavilla:

- Tvl
- Rautatiehallitus
- Maataloushallitus
- Rakennushallitus
- Seutukaavaliitot
- Kaupungit, kauppalat ja kunnat
- Voimayhtiöt
- Yksityiset insinööritoimistot.

- 6) olemassaolevat rakenteet: viitteitä maaperäsuhteista antavat laajempien alueiden käyttötapa rakennustarkoituksiin sekä yksittäisten rakennusten, teiden, rautateiden jne. sijainti, perustamistavat ja käyttäytyminen (painumat, vauriot jne.).

1.12 YLEISSELVITYSTEN MAAPERÄTUTKIMUKSET

Maaperätutkimuksilla pyritään tässä vaiheessa ratkaisemaan kehitettyjen vaihtoehtojen paremmuus ja rakennuskohteen tarkempi sijoitus. Maaperätutkimuksia tehtäessä ei alustavasti hahmoteltua kohteen sijaintia voida pitää lopullisena, vaan poikkeamiset suuntaan ja toiseen täytyy tutkimusohjelmassa ottaa huomioon.

Jos kysymyksessä on pitkänomaisen linjan, esim. tielinjan tutkimukset, eivät suunnittelu- ja tutkimustyöt tapahdu käytännössä automaattisesti koko linjan osalta samassa vaiheessa, vaan suuntaa joudutaan usein ensiksi selvittämään tarkemmin eräiltä kriittisiltä kohdilta, jollaisia ovat

esim. asutuskeskukset, vesistönylitykset, erittäin huomattavat pehmeikköalueet jne., joiden ratkaisemisen jälkeen päästään tarkemmin tutkimaan välialueita.

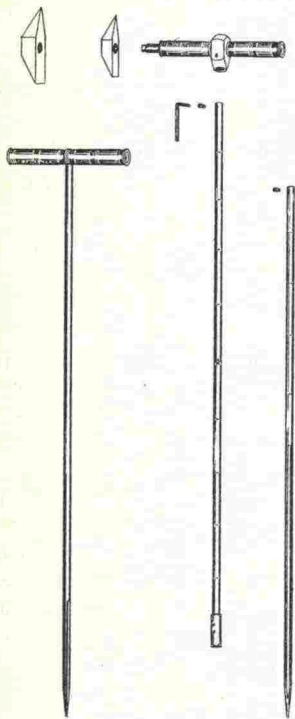
Tutkimusohjelma voidaan jakaa kahteen päävaiheeseen: rakennusgeologiset yleisselvitykset sekä maasto- ja laboratoriotutkimukset.

1.121 GEOLOGISET YLEISSELVITYKSET

Geologisilla yleisselvityksillä pyritään hankkimaan kokonaiskuva maaperäsuhteista, kysymyksessä ei siis ole esim. pelkkä pehmeikköjen etsiminen. Tutkimukset on yleensä edullista, kohdassa 1.11 esitettyjen tietojen hankkimisen ja niihin perehtymisen jälkeen aloittaa ilmakuvatulkinnalla, jota on tarkemmin esitetty osassa I, kohta 4.1.

Ilmakuvatulkinta on tarkistettava maastokäynnillä, jolloin maastossa käydään läpi kaikki tärkeimmät osalueet sekä epäilyttävät kohdat. Maastossa tarkistetaan maalajit kaivamalla lapiolla matalahkoja (ruokamulta- ja juurakkokerroksen alapuolelle ulottuvia) koekuoppia. Vaihtoehtoisesti voidaan myös käyttää kuvassa 1 esitettyjä tai muita soveliaita välineitä, esim. kierre- tai lapiokairaa.

Maalajit on syytä pyrkiä tunnistamaan kentällä silmävaraisesti ja yksinkertaisia kenttäkokeita hyväksi käyttäen. Kokemusta hankittaessa on hyötyä taskukokoisesta maalajitekokoelmasta. Ainoastaan poikkeustapauksissa on tässä vaiheessa syytä ottaa laboratorioon vietäviä näytteitä.



Kuva 1:

Geologisen yleisselvityksen kenttätutkimusvälineitä. Ylempänä "kävelykeppi", jonka varressa oleva pituussuuntainen ura ottaa maasta näytteen. Alempana ruotsalaisvalmisteinen koetinsauva, jolla ääni- ja tuntohavaintojen perusteella tehdään päätelmiä maalajeista. Täydellisempi laite sisältää myös vasaran kivien ja kallioiden koputtelua varten.

Avokallioista, lohkareisuudesta sekä käytössä olevista sorakuopista on niin ikään syytä tehdä merkinnät karttoihin.

Maastokontrollin jälkeen ilmakuvatulkinta tarkistetaan ottamalla huomioon maastossa tehdyt havainnot.

Tulokset esitetään esim. peruskartalla 1: 20 000 (tai sille laaditulla peitepiirroksella) väri- tai rasterimerkintöjä käyttäen (osa I, kohta 5) jakamalla maapohja esim. seuraaviin viiteen ryhmään:

- 1) avokallio
- 2) moreeni
- 3) sora, hiekka, hieta
- 4) hiesu, savi
- 5) eloperäinen maa.

Jako voidaan luonnollisesti valita kussakin tapauksessa olosuhteiden mukaisesti.

Tulosten esittämiseen tiesuunnitelussa yleisillä 1: 2 000 tai 1: 4 000 kartoilla ei ole aihetta pyrkiä, koska tähän tarkkuuteen pääseminen vaatisi huomattavan kenttätönmäärän ks. osa I kohta 4.1.

Ilman ilmakuvatulkintaa on koko kyseinen tutkimusvaihe tehtävä maastotarkastelujen avulla. Koekuoppia ym. maastotarkistuksia on edellä esitetyillä menetelmillä silloin varauduttava tekemään enemmän kuin ilmakuvia käytettäessä. Tällöinkin on tutkimuksissa pyrittävä esiintymän geologisen kokonaisluonteen selvittämiseen eikä niinkään erillisen, pisteetäisen maaperätiedon hankkimiseen.

Vaikka erillistä ilmakuvatulkintaa ei tehtäisikään, on syytä huomata, että monet ilmakuvatulkinnassa käy-

tetyt maalaji-indikaatiot ovat käyttökelpoisia suorittaessa tutkimusta maan pinnan tasossakin. Tässäkin mielessä kannattaa perehtyä ilmakuvatulkinnan perusteisiin sekä irtomaalajien geologian alkeisiin.

Kasvullisuuden antamat viitteet kannattaa erikoisesti ottaa huomioon. Esim. mänty viihtyy vähäravinteisissa paikoissa: kallionkoloissa, karkeassa kitkamaassa, jossa pohjavesi on syvällä, suolla. Kuusi merkitsee lähempänä olevaa pohjavettä ja/tai hienojakoisempaa maata, esim. moreenia. Jos maa on viljeltyä, se on suhteellisen hienojakoista (ei hiekkaa/hiekkamoreenia karkeampaa).

Edellä esitetystä lienee jo selvinyt, että tämän vaiheen maastotutkimukset kuuluvat asiantuntevan henkilön (insinööri, asiantuntijana käytettävä geologi tai erikoiskoulutuksen saanut rakennusmestari) tehtäviin. Tällöin edullisin tutkimuskustannuksin ja nopeasti saadaan monipuolinen ja luotettava yleiskuva maaperäsuhteista.

1.122 MAASTO- JA LABORATORIOTUTKIMUKSET

Jo geologiset yleisselvitykset saattavat ratkaista rakenteen edullisimman sijainnin tai vaihtoehtojen paremmuuden tai ainakin poistaa joitakin vaihtoehtoja tarkemmista vertailuista. Yleensä on kuitenkin suoritettava tarkempia tutkimuksia maaperän kerrosjärjestyksen ja maakerrosten ominaisuuksien selvittämiseksi.

Maaperätutkimukset kentällä ja laboratoriossa ovat pääasiassa toimisto-

työnä tapahtuvaan muuhun alustavaan suunnitteluun verrattuina varsin kalliita ja niitä onkin sen vuoksi suoritettava harkiten, mutta luonnollisesti kuitenkin siten, että oikeat päätelmät ja ratkaisut voidaan tehdä. Maaperätutkimuksien suuntaus ja laajuus on täten sovittava yhteen koko suunnitteluvaiheen päämääriin. Yleensä kannattaisi pyrkiä aloittamaan tutkimukset vasta sitten, kun esim. tienrakennuksessa liikenneteknillisesti ja -taloudellisesti tai muista syistä joka tapauksessa hylättävät vaihtoehdot on jo saatu karsituiksi.

Maaperätutkimuksien yleisperiaatteet on edellä esitetystä syistä johdettua edullisinta selvittää yhteistyönä suunnittelutapahtumaa kokonaisuutena hallitsevan sekä maaperätutkimuksiin ja geoteknilliseen suunnitteluun erikoistuneen suunnittelijan kesken.

Esim. tien yleissuunnitteluvaiheessa suunnittelu tapahtuu nykyisin yleensä kartoilla, eikä maastossa ole tässä vaiheessa monikultmiojonoa eikä paaletettua tielinjaa. Tutkimuspisteiden sitomisessa suunnitelmaan ja koordinaatistoon on täten eräitä erikoispiirteitä, ks. osa I kohta 4.9.

Maa- ja kalliioleikkausten tutkiminen

Geologinen yleisselvitys antaa useiden leikkausten osalta fiittävät tiedot tätä suunnitteluvaihetta varten. Esim. moreenikerros ei ole kovin paksu mäen rinteissä. Syvä leikkaus moreenimäessä tietää täten yleensä myös kallion leikkaamista. Samoin selvä harju ei sisällä kalliosydäntä.

Suurimpien leikkauksien osalta saat-
taa olla aihetta tehdä tarkempia tut-
kimuksia. Tutkimusohjelmassa on
otettava huomioon, että linjan lopulli-
nen sijainti ja leikkaussyvyys saatta-
vat vielä muuttua.

Maaperätutkimuksilla pyritään lä-
hinnä selvittämään

— kallion pinnan asema

— leikattavan maan laatu.

Kaivettavuus- ym. näkökohdat eivät
yleensä ole tässä vaiheessa ratkaise-
via.

Pääperiaatteet ovat samat kuin yk-
sityiskohtaisissa maa- ja kallioperäsel-
vityksissä, ks. kohdat 1.21...1.22.

Tehtäessä kairauksia kannattaa
enemmänkin pyrkiä varman tiedon
hankkimiseen muutamassa pisteessä
riittävän tehokkaalla tutkimustavalla
ja rakennusgeologisen yleisselvityksen
tulokset hyväksikäyttäen tehdä tar-
peelliset päätelmät, kuin tehdä ti-
heämpi kairausverkko tutkimusväli-
neillä, jonka antama tieto on epä-
varma.

Jos kallion otaksutaan olevan sy-
vällä, on seisminen luotaus yleensä
suosittelavin tutkimustapa. Sen tar-
kistaminen syväkairauksin ei tässä
suunnitteluvaiheessa ole yleensä tar-
peellista. Mikäli kallio on suhteellisen
lähellä (esim. moreenin paksuus alle
3 metriä), ovat koekuopat luotetta-
vin tutkimusmenetelmä.

Leikattavan materiaalin laadun sel-
vittämiseksi voidaan näytteet tutkia
joko silmävaraisesti maastossa tai la-
boratoriokokeiden avulla.

Leikattavan kallion laatu saattaa jo
tässä vaiheessa kiinnostaa päällyste-

kiviainekseksi kelpaavuutensa puoles-
ta, mikä ainakin myöhemmissä vai-
heissa on tärkeä näkökohta. Joka ta-
pauksessa kannattaa pyrkiä saamaan
selville kallioperän murros- ja ruhje-
vyöhykkeet, joissa kallio saattaa olla
vuosisatoja jatkuneen veden ja pakka-
sen murentavan toiminnan vaikutuk-
sesta pahoin rapautunutta. Tieleik-
kauksen sijoittaminen tällaiselle koh-
dalle merkitsee vaikeuksia luiskien,
louhintatyön suorituksen sekä louhit-
tavan materiaalin käytön kannalta.
Edelleen rakoilusuuntien tunteminen
on edullista, koska joskus saattaa olla
mahdollisuuksia ottaa nämäkin näkö-
kohdat huomioon linjan sijoituksessa.
Kallioon louhittavien tunnelien ja
luolastojen suunnittelussa näillä näkö-
kohdilla on ratkaiseva merkitys, ks.
kohta 1.39.

Kallion laatuun liittyvät tämän vai-
heen selvitykset voidaan yleensä suo-
rittaa geologisten karttojen, ilmake-
vien ja maastohavaintojen perusteella.
Melkoinen geologinen asiantuntemus
on kuitenkin välttämätöntä.

Pengeralustojen ja pe-
hmeikköalueille tehtävien
leikkauksien tutkiminen

Kohdassa 1.23 sekä 1.223 esitetyt
pääperiaatteet tutkimuksien suuntauk-
sesta ja tutkimusvälineistä pätevät
yleissuunnitteluvaiheessakin sillä erol-
la, että tutkimusten pistetiheydet jää-
vät yleensä harvemmiksi ja lisäksi
voidaan pääasiassa keskittyä suurem-
piin pehmeikköalueisiin.

Painokairaukset (puristinkairaukset)
on usein edullista suorittaa, varsinkin
mikäli tielinjan asema saattaa huo-

Kuva 2:

Alustavia pehmeäkötutkimuksia moottoriensuunnan selvittämiseksi. Huomaa tutkimuspisteiden yleisöinen: koordinaatit numerot ja juoksevat numerot tutkimuspisteissä kussakin koordinaatitruussissa. Päävaibioehtoja tässä vaiheessa ollut kolme: läntisin kuvan keskellä, yläosissa, keskimäinen kuvan alareunassa, itäisin seurannut kuvan ulkopuolelle jäävää nyyeistä puolelle. Läntiseen vaibioehtoon liittynä bajamäselä ja laaja-alaiselta vaikuttava kairausverkosto jöbtuu useista alavaibioehdoista. Tutkimuspisteiden yksityisköbäiseen sitöittömiseen maastossa ovat vaikuttaneet kulkybytydet, vililykset ym. paikalliset tekijät, harvasta tutkimustibeydestä jöbhuen suurilla on nimitän huomattava merkitys tutkimuskustannuksien muodostumiseen, eikä esim. vililyksiä kannata kövin paljon tällata yhden kairauspisteen vuoksi.

Helsingin—Hämeenlinnan moottoritie Nurmijärven köbdalla. Alkuperäspöirros peruskartalle 1:20 000.



mattavasti vaihdella, hajakairauksina pehmeikön eri osissa pyrkien saamaan kokonaiskuva pehmeikön luonteesta. Pisteiden sijainti ratkaistaan maaston topografian, rakennusgeologisen yleis-selvityksen ja maastohavaintojen perusteella, 0.5...2 painokairausta hehtaarille saattaa antaa jo yleiskuvan olosuhteista (kuva 2).

Toinen usein edullinen menetelmä on sijoittaa tutkittavalle pehmeikölle muutama poikkileikkaus suunnilleen kohtisuoraan hahmoteltua tie- tms. suuntaa vastaan, 1...2 poikkileikkausta, kairaukset kussakin esim. 50...100 m välein, riittää usein ensimmäiseksi vaiheeksi lyhyehköillä, alle 300 m pituisilla pehmeikköalueilla, laajemmilla tasaisilla pehmeikköalueilla vastaavasti poikkileikkaukset 100...300 m välein.

Pelkästään tien, padon tms. rakenteen keskilinjalla suoritettut kairaukset ovat edullisia lähinnä silloin, kun linjan sijainti on pakkopisteiden johdosta sidottuna.

Siipikairauksia tehdään painokairauspisteiden rinnakkaistutkimuksena siten, että kullakin pehmeikköalueella tehdään 1...3 siipikairausta.

Soilla on turvekerroksen paksuus sekä turpeen maatuneisuusaste selvittävä jokaisen painokairauspisteen kohdalla esim. kierre- tai lapiokairauksella.

Usein on välttämätöntä suorittaa lisäksi näytteenotto. Häiriintyneet näytteet riittävät yleensä. Kuitenkin esim. korkealuokkaisen tien yleis-suunnittelussa pitkällä pehmeikköalueilla, joilla mahdolliset pohjanvahvistustoimenpiteet merkitsevät

huomattavaa lisäkustannusta ja joiden osalta pohjanvahvistustarpeen väärinarviointi saattaisi johtaa linjan valintaa koskevat ratkaisut pahasti vikaan, on usein syytä ottaa näytteet häiriintymättöminä ja tehdä laboratoriossa myös painumakokeet. 1...2 näytesarjaa pehmeikköalueelta on kohtuullinen määrä.

Kaikki tutkimukset on syytä suorittaa täysin samoja vaatimuksia (esim. kairauksien lopetussyvyys) noudattaen kuin myöhemmissäkin suunnitteluvaiheissa. Muunlainen menettely saattaa johtaa yleissuunnittelman laatijat ratkaisuihinsa pahasti harhaan; lisäksi "tingityt" tutkimuspisteet ovat jatkosuunnittelun yhteydessä vähemmän käyttökelpoisia.

On selvää, että esitettyjen numeroarvojen mukainen tutkimusohjelma ei anna mahdollisuuksia rakennustapojen ja -kustannuksien kovinkaan luotettaville arvioinneille. Kuitenkin verraten yleisluontoisienkin päätelmien avulla voidaan tehdä ratkaisu useissa tapauksissa riittävän varmasti, varsinkin koska huomioon otettavia näkökohtia on yleensä monia eikä niitä läheskään kaikkia pystytä vertailua varten arvioimaan rahana.

Mikäli kuitenkin todetaan, että vertailun tarkkuutta on lisättävä, tai esim. kaavoitusalueella tulee kysymykseen rakenteen aseman tarkempi määrittäminen jo tässä suunnitteluvaiheessa, on maaperäntutkimuksia täydennettävä kussakin tapauksessa erikseen harkittavassa määrin. Vaikka tällainen tarkempi kustannusvertailu katsottaisiinkin tarpeelliseksi, ei sen suinkaan aina tarvitse esim. tien-

suunnittelussa merkitä kaikkien pehmeikköjen tarkempaa tutkimista. Vaihtoehdot saattavat näet käsittää samankaltaisia pehmeikköalueita, joiden voidaan täten katsoa vastaavan toisiaan ja jättää pois tarkemmista vertailulaskelmista. Tämä vähentää tarkemmin tutkittavien pehmeikköalueiden määrää ja tutkimuskustannuksia.

Sillan- ja rumpupaikan tutkimukset

Esim. tiensuunnittelussa saattaa vaihtoehdoilla suunnilla siltojen määrä ja koko poiketa toisistaan, mikä vaikuttaa huomattavasti vaihtoehtojen taloudellisessa vertailussa. Isompi silta vaikuttaa myös huomattavasti linjan yksityiskohtaiseen sijoitukseen esim. vesistönylityksissä. Sen sijaan sillan perustamistavat harvemmin ovat niin suuria kustannustekijöitä, että niillä olisi vaikutusta tiensuunnan valintaan. Vasta tielinjan tarkemmassa sijoittelussa valitulla suunnalla kannattaa aina kiinnittää huomiota siltojen perustustapoihin, vaikka kyseessä olisi pienempikin silta.

Yleensä ei alustavia siltpaikan tutkimuksia tehdä tässä vaiheessa muiden kuin suurien siltojen, (vesistösillat ym.) sekä sellaisten siltojen osalta, joissa sillalla ylitettävä osuus on riippuvainen maaperästä.

Tutkimukset tehdään soveltaen edellä sekä kohdassa 1.31 esitettyjä periaatteita.

Rumpujen pohjatutkimukset eivät yleensä ole tässä vaiheessa ajankoh-
taisia.

Rakennusmateriaalin otto- paikkojen tutkimukset

Esim. tie pyritään yleensä suunnittelemaan siten, että tarvittava rakennusmateriaali saadaan tielinjalta. Aina ei tähän kuitenkaan päästä tai se ei ole taloudellisesti edullista. Jos tämä on jo aikaisessa suunnitteluvaiheessa nähtävissä, on syytä alustavasti selvittää rakennusmateriaalin saantimahdollisuuksia tielinjan ulkopuolelta, ks. tarkemmin kohta 1.24.

Selvittelyt on hyvä aloittaa perhe-
tymällä alueella mahdollisesti suori-
tettuihin rakennusmateriaalien inven-
tointeihin (seutukaavaliitot tms.) sekä haastattelemalla paikallisia tiemesta-
reita ja asukkaita. Varsinaiset tutki-
mukset käsittävät karttamateriaalin
sekä ilmakuvien avulla toimistotyönä
tehtäviä selvityksiä, joita täydennetään
maastokäynnein tarvittaessa matalia
koekuoppia kaivaen. Kairaukset ja
muut maastotutkimukset ovat tässä
vaiheessa harvemmin tarpeellisia.

1.13 MAAPERÄSUHTEIDEN YLEISSELVITYSTEN ESITTÄMINEN

Maaperätiedot voidaan esittää esim.
seuraavasti:

- 1) rakennusgeologinen kartta sekä maaperätutkimuksien yleiskartta esim. 1:20 000 (1:10 000)
- 2) maaperän tutkimuskartta 1:2 000 (1:4 000), jossa osoitetaan tutkimuspisteiden sijainti
- 3) maaperätutkimukset

Käteväksi järjestelmäksi pitkien moottoritieasuuntien yleissuunnittelussa on osoittautunut karttaruudun numeroiminen (kuva 2) ja juoksevilla numeroinnilla kussakin ruudussa suoritettujen maaperätutkimusten merkitseminen. Tutkimustulokset esitetään esim. A4-kokoisilla arkeilla (kuvat 3 ja 4). Myöhemmille suunnitteluvaiheille yleiset pituus- ja poikkileikkaukset eivät useinkaan sovellu alustavaan suunnitteluun jatkuvien linjanmuutoksien vuoksi.

Kaikki maaperästä kertynyt materiaali on muokattava ja viimeisteltävä sellaiseen asuun, että sen täydellinen hyväksikäyttö ja kaksinkertaisen työn välttäminen suunnittelun myöhemmin jatkuessa, mahdollisesti pitkänkin väliajan jälkeen, on mahdollista. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, että tehdyt tutkimukset pystytään myöhemmin riittävän tarkasti paikallistamaan. Myös hylättyjen vaihtoehtojen tutkimusmateriaali on syytä viimeistellä, jotta sekin olisi tarvittaessa käytettävissä.

VALTATIE N:o 3

välillä

Helsinki — Hämeenlinna

Maaperätutkimukset

x koord. n:o 704

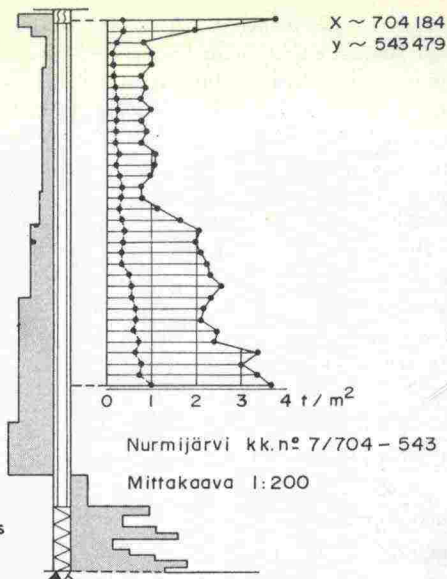
y koord. n:o 543

Piste n:o	x	y	Painokaus	Siipikaus	Näytesarja	Koe-kuoppa	Tärykaus
1/704-543	704 728	543 264	x				
2/704-543	704 850	543 551	x				
3/704-543	704 731	543 703	x	x	x		
4/704-543	704 561	543 501	x				
5/704-543	704 563	543 499	x				
6/704-543	704 375	543 322	x				
7/704-543	704 184	543 479	x	x			
8/704-543	704 068	543 662	x				

Kuvat 3 ja 4 (sivu 16):

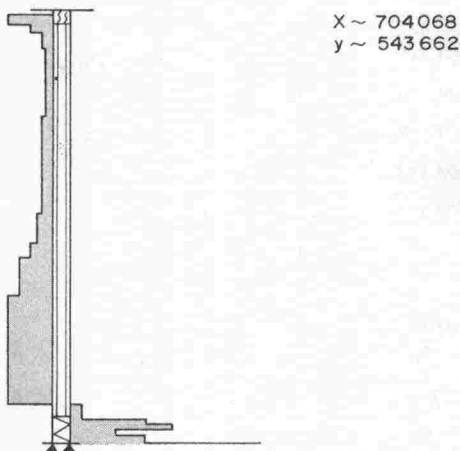
Alustavien pehmeikkötutkimuksien eräs esitystapa: yhden koordinaattiruudun (vertaa kuva 2) tutkimusluettelo ja tutkimuksien esittäminen A4-kokoisilla lomakkeilla.

Kuva 4.



Kairaus 11.9-68 Heikki Hiesu

Piirtänyt 16.9-68 Impi Innokas



Kairaus 12.9-68 Heikki Hiesu

Piirtänyt 16.9-68 Impi Innokas

1.2 Yksityiskohtaiset maa- ja kallioperäselvitykset

1.21 KALLIOPERÄN TUTKIMINEN

Edellä kohdassa 1.1 on selostettu tietojen hankkimista kallioperästä mm. geologisista kartoista ja ilmakuvista. Nämä tiedot usein riittävät yleissuunnitteluvaiheessa, mutta yksityiskohtaista suunnitelmaa varten on hankittava kulloinkin kyseessä olevan rakennustehtävän vaatimat tarkemmat erikoistiedot kalliosta. Näitä tutkimuksia tehtäessä on hankittava myös rakentamisvaiheessa tarvittavat tiedot, jotka tällöin voidaan helposti saada.

1.211 KALLION PINNAN SIJAIN- NIN SELVITYS

Kallion pistäessä tutkimusalueella esiin laakeina paljastumina siellä täällä voidaan olettaa irtomaakerroksen olevan verraten ohut ja kallionpinnan tasainen. Kalliopinnan sijainnin selvitykseen voidaan tällöin käyttää menestyksellä koekuoppien kaivamista tai tärykairautusta. Jos näkyvissä olevissa kalliopaljastumissa on jyrkkiä seinämiä ja kalliossa on vahva rakoilu tai ruhjevyöhykkeitä, on kallionpinta todennäköisesti epätasainen ja notkelmat, jotka ovat ruhjeiden jatkeella ja rakoilun suuntaisia, ovat syviä. Maaperän ollessa moreenia on todennäköistä, että sen alla on välittömästi kallio, sillä moreenin alaiset lajittuneiden maalajien kerrokset ovat maas-

samme hyvin harvinaisia. Moreenin paksuus kukkuloilla on yleensä alle 4...5 metriä, laaksoissa se on suurempi.

Ellei kallio ole rakennuspaikalla paljastumina näkyvissä eikä näin kalliion- ja maan pinnanmuotojen sekä maaperän laadun avulla pystytä tekemään riittävän tarkkaa arviota kallion pinnan korkeudesta, joudutaan maakerroksen kokonaispaksuus määrittämään rakennustarpeen vaatimalla pistetiheydellä ja tarkkuudella, joko luotausten tai tehokkaiden kairausten avulla.

Kairaukset

Tunnusteleviksi kairauksiksi nimetään sellaisia menetelmiä, joilla ei päästä kallion, lohkareen tms. esteen läpi, vaan joudutaan määrittämään esteen laatu (kivi tai kallio) kairatangoston kimmahdamisen tai pelkättään kärjen tunkeutumisen kertakaikkisen, lyönneistä piittaamattoman pysähtymisen perusteella.

Tunnustelevia, kallionpinnan sijainnin selvitykseen käytettäviä kairausmenetelmiä ovat pisto- ja lyöntikairaus, tärykairaus, heijarikairaus ja maaputkikairaus.

Tunnustelevat kairaukset ovat kallionpinnan määrittämisessä verraten epäluotettavia — ne antavat tuloksen, joka ilmoittaa, että kallionpinta on tässä syvyydessä tai tätä syvemmällä. Viime aikoina kehitetyt kallionkuuntelumenetelmät (osa I kohta 4.38)

kuitenkin lisäävät esim. täry- ja heijarikairaustulosten luotettavuutta. Maaputkikairaus on tunnustelevista menetelmistä paras, sillä siinä voidaan suojaputki viedä todella kallioon asti, lohkarieet voidaan räjäyttää rikki, ja tarpeen vaatiessa voidaan kallionpinnan sijainti määritellä suojaputken läpi suoritetulla läpäisevällä kairausmenetelmällä.

Tunnustelevat menetelmät soveltuvat niiden rakennussuunnitelmien tutkimuksiin, joissa tarvitaan tietoa kallionpinnan sijainnista, esim. tieleikkausten, varamaanottoaikkojen, rakennusten ja kallioon tehtävien rakenteiden maaperätutkimuksiin.

Läpäiseviksi kairausmenetelmiksi kutsutaan niitä kairauksia, joilla päästään lohkarieen läpi tai kallion sisään, kuten timanttikairauksia ja vaunuporauksia.

Nämä kairaukset antavat luotettavan tiedon kallion pinnan asemasta. Vaunuporauksen kairausvastus muuttuu jyrkästi terän kohdatessa lohkarieen tai kallion. Kun porausta jatketaan 3...5 m verran siinä, voidaan se melkoisella varmuudella todeta kallioksi. Kuuntelulaite luonnollisesti antaa vielä tulkinnalle lisävarmuutta.

Timanttikairalla havaitaan eteen osunut kivi suunnilleen samoin. Kairauksessa saadun kivisydännäytteen kivilajin perusteella voidaan tehdä vielä lisäpäätelmiä — jos kivilaji pysyy samana 3...5 m markan, on kysymyksessä ilmeinen kallio, jos se muuttuu, ja muutoskohdassa on jyrkkä katkos, on ilmeisesti kairattu ensin läpi kallion pinnalla olevan lohkarieen, ja sen jälkeen lävistetty kalliota.

Kairausta on jatkettava niin syvälle, että ollaan varmoja kalliosta, ts. ensimmäinen reikä on vietävä 4...5 m syvyyteen kallioon ja lähireiät 2...3 m syvyyteen kallioon.

Läpäiseviä menetelmiä käytetään vaativien rakennustehtävien: siltapaikkojen, kallioiilojen ja muiden kallionsisäisten tilojen, patojen, teollisuusrakennusten jms. pohjatutkimuksiin sekä tunnustelevien kairauksen sekä geofysikaalisten luotausten tulosten tarkistamiseen.

Läpäisevät kairaukset ovat kalliita eikä niitä voida tehdä niin runsaasti kuin esim. massansiirtosuunnitelmien edellyttämä tarkkuus vaatii, niiden täydennyksenä voidaan kuitenkin käyttää tunnustelevia kairauksia. Kairaus-tiheys määräytyy rakennus- tai käyttösuunnitelman ja kallion pinnan topografian perusteella. Varamaanottoaikkoissa, joiden pinta-ala on yli 2 ha ja oletettu paksuus yli 5 m, voidaan tehdä 1...2 läpäisevää näytteenotto-kairausta hehtaarille, ja näiden täydennykseksi maaputki- tai heijarikairauksia näytteenottoineen taikka seismisiä luotauksia 20...50 m ruutuun.

Tieleikkauksissa on syytä kairata molemmat ojalinjat, kaksiajorataisella tiellä myös keskilinja, 20 m pistevälein tunnustelevilla menetelmillä silloin, kun kallion pinta on tasainen tai loivasti aaltoileva. Kun kallionpinnan on todettu olevan jyrkästi vaihteleva, on syytä tihentää pisteväliä jopa 5 metriin ja täydennettävä kairauksia muutamien maaputki- tai läpäisykairarei'in. Tieleikkauksissa voidaan myös menestyksellä käyttää seismistä luotausta, jossa räjäytykset on

tehtävä 25...50 m välein ja profiilitulkinta 5 m välein.

Rakennusten pohjatutkimuksissa ja siltojen maatumien tai virtapilareiden paikkoja tutkittaessa on tarpeen vaatiessa kairattava 5 m tai sitäkin tiheämpään ruudukkoon. Tulos on varminta aina tarkistaa muutamilla läpäisykairareillä, etenkin jos tarkoituksena on perustaa suoraan kalliolle taikka kaivinpaaluille. Kun syväkairauksia tehdään ponttoonilta, on kallionpinnan syvyyttä mitattaessa otettava huomioon veden pinnan korkeusvaihtelut. Lopullisen linjan poikettaessa tutkimuslinjasta on tutkimuksia tarpeen vaatiessa täydennettävä.

Geofysikaaliset luotaukset

Geofysikaalisista menetelmistä soveltuu rakennusteknilliseen kallionpinnan määrittämiseen sellaisenaan vain seisminen refraktioluotaus. Sähköistä luotauksista voi käyttää kairauksen täydentäjänä siltapaikkojen ja rakennusten pohjatutkimuksissa. Hydrosondilla ja kaikuluotaimella saa kuvan vesistöväylän kallionpohjasta, mutta tämä on tärkeimmissä paikoissa ehdottomasti tarkistettava kairamalla.

Räjäytysseisminen refraktioluotaus soveltuu parhaiten pitkähköjen, linjamaisen tutkimusten tekoon. Tätä voi suositella tielinja- ja siltapaikkatutkimusten ensi vaiheeseen. Pisteluotauksen tekoon soveltuva vasaraseisminen luotaus ei anna yhtä luotettavaa tietoa kallionpinnan sijainnista, eikä myöskään kallion pinnanmuodoista kuin räjäytysseisminen luotaus. Va-

saraseismistä luotauksista voi suositella varamaanottopaikkojen tutkimiseen.

Räjäytysseismiseen luotaukseen sisältyy systemaattisia virheitä, mm. pimeät kerrokset sekä se, että seisminen luotaus antaa etäisyyden maanpinnasta lähimpään kalliopintaan, ei siis aina pystysyvyttä. Tämän vuoksi seismisesti saatu kallionpinta on profiilin tärkeimmissä kohdoin tarkistettava vaunuporauksella tai timanttikairauksella.

1.212 KALLION LAADUN SELVITYS

Kallion pinnan ollessa nähtävissä laajalti paljaana useimpiin rakennustarkoituksiin riittää pelkkä silmämääräinen tutkimus. Jos kallio on vain ohuen maakerroksen peittämä, voidaan kallion pinta paljastaa tutkimuksia varten koekuoppia kaivamalla. Ellei näin ole, on turvauduttava läpäiseviin kairausmenetelmiin tai räjäytysseismiseen luotaukseen.

Kallion laadulla on ratkaiseva merkitys kallion sisään rakennettaville tiloille kuten tunneleille, siiloille, kanavien sulkukammioille tms; kallion varaan tehtäville raskaille tai tärisemäisille rakenteille; kallioluiskille sekä kallioista irroitettavan kiviaineksen käyttömahdollisuuksille. Kallion kenttätutkimukset vaativat monasti laatua tarkemmin selvittäviä lisätutkimuksia laboratorioissa.

E s i t u t k i m u k s e t

Esitutkimuksina voidaan pitää kallion laatua yleisesti selvittäviä tutkimuksia, kuten perehtymistä kallion kivilajeihin ja tektonisiin ominaisuuksiin

geologisten karttojen ja näiden selityskirjasten avulla tai ilmakuvien stereotulkintaa. Samaan ryhmään kuuluvat kentällä kalliopaljastumista tehtävät silmämääräiset havainnot.

Esitutkimukset riittävät yleissuunnittelun tarpeisiin mm. tunnelilinjojen suunnan määrittämiseen, sillä tällaisiin tarkoituksiin vaaditaan vain tieto pahimpien ruhjevyöhykkeiden sijainnista ja suunnasta sekä summittainen tieto kivilajien louhittavuusluokasta, ts. niiden rikkonaisuudesta, rapautuneisuudesta, kivilajeista ja suuntauksesta.

Esitutkimustietojen pohjalta voidaan ratkaista alustavasti, onko kallioon mahdollista lainkaan rakentaa, mitä erikoisratkaisuja ja -toita rakentaminen mahdollisesti tulee vaatimaan, mikä on edullisin rakennuspaikka, -korkeus ja -suunta sekä mitkä ovat summittaiset kustannukset.

Kenttätutkimukset

Kallion laadun tutkimiseen käytetään pääasiassa räjäytysseismistä luotausta ja timanttikairautta.

Seisminen luotaus soveltuu kenttätöiden ensivaiheeseen. Sen avulla löydetään mm. kalliopainanteet ja kallion rapautuneet tai ruhjeiset vyöhykkeet. Seisminen aallon nopeus on kallion laadusta riippuvainen (ks. osa I kohdat 2.2 ja 4.21). Jatkotutkimukset, mm. tunnelilinjan timanttikairaukset, voidaan nyt keskittää näin löydettyihin heikkousvyöhykkeisiin.

Timanttikairauksella saadaan tarkasti selville kallion pinnan asema ja kallion kivilajiominaisuudet. Kairausydäntutkimus paljastaa kallion eri ki-

vilajien rapautuneisuusasteen, rikkonaisuuden, raekoon, mineraalikoostumuksen, kontaktien paikat ja laadun yms. seikat. Jos kallion sisään rakennettavaan tilaan suunnitellaan ohuita kalliopilareita tai -kannaksia taikka suuria paineita kestäviä ovia tms. laitteita, on tällainen kohta varmistettava etukäteen suoritettulla timanttikairauksella tai sitten varauduttava mahdolliseen suunnitelmanmuutokseen rakennusvaiheen aikana. Raskaita rakenteita, kuten esim. siltojen virtapilareita ei voida perustaa rapautuneen kallion varaan, joten tällaisten kallionvaraisiksi perustettavien rakenteiden pohjat on ehdottomasti timanttikairattava.

Timanttikairausreiässä tehdään yleensä vedenläpäisevyysmittaus. Tämä antaa kuvan rakojen avonaisuudesta ja myös siitä, miten runsaasti vesivuotoja on odotettavissa pohjaveden pinnan alle tehtyihin kalliotiloihin.

Vaunuporauksella tehdyissä rei'issä voidaan myös tehdä samanlaisia tutkimuksia kuin timanttikairalla kallioon tehdyissä rei'issä, joskin vedenläpäisevyysmittaukset eivät reikäseinän röyöisyyden vuoksi tahdo onnistua (USA:ssa on patotyömaiden kallion vedenläpäisymittauksiin aina käytettävä timanttikairalla tehtyjä reikiä). Vaunuporauksen irroittamasta, huuhteluilman ylösnostamasta porausjauheesta voidaan tehdä yleisluonteisia päätelmiä kivilajista. Edelleen kairausvastuksen muutokset antavat tottuudelle kairaajalle jonkinlaisen kuvan kallion rikkonaisuudesta.

Eräänlaisena kenttä- ja laboratorio- tutkimuksen välimuotona voidaan pi-

tää valmiissa kalliotiloissa rakenne-
tarkkailun vuoksi tehtäviä mittauksia.
Näitä ovat mm. kallion jännitystilän
eli ns. vuoripaineparametrien määrit-
täminen sekä mikroseisminen kuun-
telu.

Kalliossa vallitsee jännitystila, johon
vaikuttaa kivimassan paino ja mante-
reiden välinen puristus. Kallion pinta-
osissa on jännityksen pääakseli yleensä
lähes vaakasuora, mikä seikka auttaa
rikkinäiseen kallioon tehtyjen tilojen
katon holvautumista. Kun kallioon
louhitaan luola tms. tyhjä tila, aiheut-
taa se paineen hakeutumisen seiniin,
välipilareihin jne. ja saattaa paikoitel-
len ylittää kallion lujuuden sekä ai-
heuttaa sortumia. Jännitystilän ja sen
muutosten seuraamiseen käytetään kal-
lioon poratuissa rei'issä tehtäviä vuori-
painemittauksia.

Kallioliuhkojen liikkeessa toisiensa
suhteen tai murtuessa syntyy ääniä,
joita voidaan mitata herkällä kuun-
telulaitteella, ns. mikroseisimisellä re-
kisteröintilaitteella. Käytettäessä vä-
hintään kolmea eri pisteisiin sijoitet-
tua geofonia voidaan myös uhkaavan
sortuman paikka ennustaa ja ryhtyä
vaadittaviin tukemistoimenpiteisiin en-
nen sen tapahtumista.

Laboratoriotutkimukset

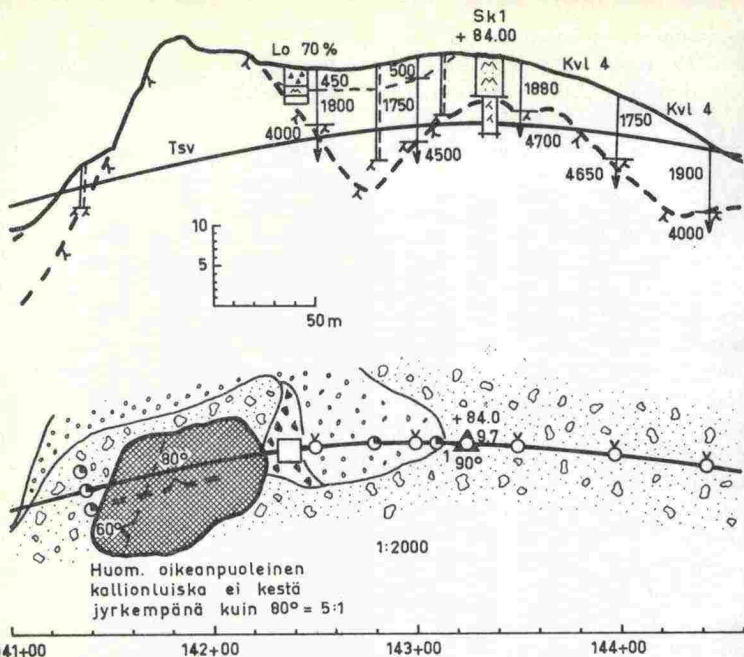
Louhittavan kiviaineksen käyttökelpoisuus tienrakennustarkoituksiin ja kiviaineksen käyttäytyminen murskausprosessissa on selvitettävä laboratoriossa. Tähän tarkoitukseen käytetään haurausarvon, Los Angeles-luvun ja muotoarvon määrittystä sekä mahdollisesti koemurskausta laboratorioleukamurskaimella.

Käyttökelpoisuustutkimusta varten tarvittavat näytteet on otettava siten, että kokonaisnäyte on edustava, ts. kallion kaikki kivilajit ovat siinä edustettuina oikeissa paljousuhteissaan. Näytteet voidaan ottaa räjäyttämällä, mutta räjäytyksen murentamaa ainesta, joka antaa kallioista liian huonon kuvan, ei laboratorioon saa lähetettävä.

Useimpiin muihin rakennustarkoituksiin riittää kallioalajastuman tai timanttikairaussydämen silmämääräinen tutkimus. Vaativissa tunnelitöissä joudataan kuitenkin suorittamaan eräitä laboratoriomäärittäyksiä louhittavuuden ja tukemistarpeen selvittämiseksi. Tällöin tulevat kyseeseen edellä mainitut isku- ja kulutuskestävyyden kokeet sekä puristuskoe. Ruhjeisten ja rapautuneiden vyöhykkeiden aineksesta on erikoistapauksissa tehtävä myös mineraloginen tutkimus sekä kosteuden aiheuttaman paisuman mittausta kompresometriä muistuttavalla laitteella. Paisuvahilaiset mineraalit, kuten meidänkin kalliooperässämme tavattu, rapautumisen tuloksena syntynyt savimine-raali, montmorilloniitti, saattavat antaa aihetta erikoistoimenpiteisiin tukemistöissä.

1.213 KALLIOTUTKIMUSTEN ESITTÄMINEN

Kalliotutkimustulokset esitetään profiileina ja tarvittaessa karttoina osan I kohdassa 5 annettuja merkintöjä käyttäen sekä tarvittaessa kirjallisena lausuntona. Näistä tulee käydä ilmi kallion pinnan asema ja kallion laatu suunnittelu- ja rakentamistehtävän

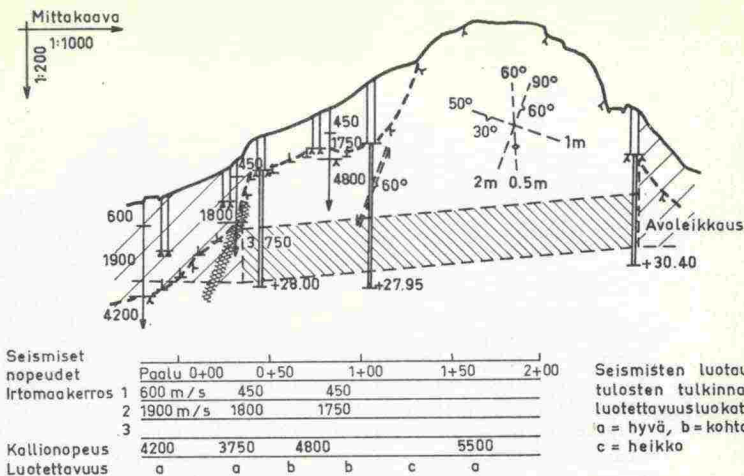


Kuva 5:
Tieleikkauksen kalliotutkimus.

vaatimalla tarkkuudella. Tunnelien suuaukon ja siilojen täyttöaukon seudun kalliotutkimukseen ei useinkaan ole kiinnitetty riittävää huomiota, ja virheitä, jotka aiheuttavat suunnitelmien ja kustannusten muutoksia, on tehty jopa vaaituksissa. Esimerkkinä tieleikkauksen ja tunnelitutkimuksen esittämisestä kuvat 5 ja 6.

Kirjallisessa lausunnossa (kuva 7) on selvästi ilmoitettava kallion pinnan korkeuden ja laadun vaikutus suunnittelutyöhön ja rakentamiseen. Tällöin on kiinnitettävä huomiota ennen kaikkea kallion rikkonaisuuteen, mikä vaikutus sillä on kalliorakennepak-

suuksiin, käyttäytymiseen kuormitetessa ja leikkausluiskien pysyvyyteen, kalliotilojen sijoituksiin, suuntiin ja mittoihin, kallion louhittavuuteen, tukemistarpeeseen ja louhitun kiviaineksen murskaus- ja käyttömahdollisuuksiin. Lausunnosta on käytävä näin ollen selville kallion kivilaji, rapautumisaste, tektoniset elementit: liuskeisuuden ja rakoilusuuntien kulku ja kaade sekä rakotäytteet, kallion vedenläpäisevyys, rakoilutiheys sekä muut tutkimusten yhteydessä esiin tulleet ominaisuudet. Lausunnossa on myös esitettävä epäonnistuneet kairaukset ja syy epäonnistumiseen,



Kuva 6:
Tunnelin kalliotutkimus.

koska rakentaja voi tästä usein tehdä rakennustyöhön suuresti vaikuttavia päätelmiä mm. kallion laadusta.

1.22 MAALEIKKAUSTEN TUTKIMINEN

1.221 MATERIAALIN KÄYTTÖ-MAHDOLLISUUKSIEN SELVITTÄMINEN

Maastotutkimukset

Maaleikkausten yhteydessä irrotettava maa-aines on aina pyrittävä käyttämään hyödyksi. Tällaisia käyttökel-poisia aineksia voivat olla esim. tie- ja patopenkereisiin soveltuvat maa-ainekset, maapatojen tiivistyssydänainekset, tien eri osien päällysrakennemateriaalit, luiskaverhoukseen käytettävä kiviaines, suodatinkerrosten ja salaojien rakentamiseen soveltuvat ki-

viainekset ja betonin kiviaines. Jokainen käyttötarkoitus asettaa omat vaatimuksensa maa-aineksen laadulle. Saatavissa olevien materiaalien laadusta ja määrästä on suunnitelman laatimista varten hankittava riittävä selvitys.

Maastotutkimusohjelman määräävinä tekijöinä ovat alueen geologinen rakenne ja tutkittavan maa-aineksen laatu. Maaleikkausten tutkiminen aloitetaan geologisten yleisselvitysten (ilmakuvatulkinta, maaperäkartoitus) jälkeen avokallioiden kartoituksella sekä suhteellisen harvalla (kairausväli olosuhteista riippuen aina 100...150 m saakka) kairauksella ja/tai seismisellä luotauksella. Näiden tutkimuksien avulla voidaan geologisia muotoja hyväksikäyttäen muodostaa maaperän rakenteesta alustava kuva, jota sitten täydennetään lisätutkimuksin.

LAUSUNTO NASTOLAN PITÄJÄN SÄYHTEN KYLÄÄN
SUUNNITELLUN KALLIOSIILON KALLION LAADUSTA

Siilolle on ehdotettu kahta vaihtoehtoista sijoituspaikkaa, joista vaihtoehto 1. Puhkumaisen mäki sijaitsee liikenteellisesti edullisemmassa paikassa kuin vaihtoehto 2. Tiirinmaan kallio. Alueen ainoa käyttökelpoinen hiekkasientymä, Töyrylän kuoppa, on 0,5 km etäisyydellä jälkimmäisestä ja 2 km etäisyydellä edellisestä vaihtoehdosta. Kummassakin mässä on tunnelin lähtökohdaksi sopiva jyrkkä rinne ja korkeutta kummallakin mäellä on 20 m, joka riittää pienehkön yksiosaisen kalliosiilon rakentamiseen.

Vaihtoehto 1. Puhkumaisen mäki

Kivilaji: vaalea, karkearakeinen (porfyyrinen) graniitti, pintaosassa on noin 0,5 m paksuinen rapautunut kerros. Omp. 2,68 Muotoarvo 2,48/1,45 Haur. 68 LosA. 29
Rakoilu: (rakosuunnat voimakkuusjärjestyksessä) 1) $20^{\circ}10'W$ avoin vaakarakoilu 60 cm välein, raoissa 0,5 cm paksu pehmeä sekundäärimineraalitäyte; 2) $20^{\circ}80'E$ avoin 1 m välein, tähän liittyy mäen länsilaidassa oleva 0,5 - 1 m leveä ruhjevyöhyke (kts. piirros); 3) $115^{\circ}85'W$ 1,5 m välein
Suositeltu siilolinjasuunta 80° eli lähes länsi-itäinen. Louhinnassa irroitettu kiviaines kelpaa kantavan kerroksen yläosaan ja välttävästi myös kuuma- tai kylmäpäälysteisiin.

Vaihtoehto 2. Tiirinmaan kallio

Kivilaji: terve, tumma, keskirakeinen kiillegneissi $25^{\circ}80'E$
Omp. 2,72 Muotoarvo 2,51/1,48 Haur. 52 LosA. 24
Rakoilu: 1) $25^{\circ}80'E$ avoin 1m välein; 2) $90^{\circ}90^{\circ}$ 1,5 m välein
3) $15^{\circ}10'W$ poimuttunut vaakarakoilu 2 m välein
Suositeltu siilolinjasuunta 125° muodostaa 80° kulman voimakkaaimman rakosuunnan kanssa.

- 2 -

Louhinnassa irroitettu kiviaines soveltuu kuuma- ja kylmäpäälysteiden runkoaineeksi, mutta myös välttävästi sirote-sepellyksiin ja pinnan karkeuttamiseen.

Vaihtoehtoisten siilokallioiden vertailu: Vaihtoehto 2 Tiirinnä on kallio-ominaisuuksiltaan ehdottomasti parempi, tarpeen vaatiessa voidaan tähän kallioon louhia turvallisesti myös kaksiosainen kalliosiilo. Kiillegneisein louhinnassa joudutaan käyttämään hiukan enemmän räjähdysainetta ja poraamaan hiukan enemmän reikiä irroitettavaa kalliokuutiometriä kohti kuin graniitissa, mutta kallion eheys vaikuttaa sen, että tarvittavien rusnaus- ja tukemistöiden tarve tulee olemaan paljon pienempi. Siilojen täyttö- ja tyhjenysaukkojen louhinta on suoritettava varovasti (tarkkuuslouhintamenetelmin) jotta ympärystä jäisi mahdollisimman ehjäksi. Puhkumaisen mäkeen rakennettavassa siilossa on täyttöaukko tehtävä pinnassa olevan rapautuneen kerroksen vuoksi noin 1 m korkeammaksi kuin Tiirinnäen kalliossa, sitäpaitsi on vaihtoehdossa 1. täyttöaukko vietävä vähintään 25 m kalliossa tavatun ruhjevyöhykkeen itäpuolelle, jotta tyhjennysaukkokin saataisiin ruhjevyöhykkeen taakse ehjään kallioon. Vaihtoehdossa 1. eli Puhkumäen kalliossa on vaurauduttava pienekköihin ryöstöihin ja ainakin täyttöaukon vahvistamiseen pulttauksen avulla.

Mäkkylässä 24.11.1967

Geologi

L.K. Kauranne
L.K. Kauranne

Alustavan tarkastelun perusteella suoritetaan tarkempi tutkimus niin, että kairauspisteiden väli keskilinjalla on noin 15...30 m. Kerrosrakenne ja kiinteän pohjan sijainti on maaleikkauksessa tutkittava lisäksi poikkileikkauksien avulla. Poikkileikkauksien välin tulisi olla tarpeen mukaan 20...100 m. Poikkileikkauksissa olevat kairauspisteet sijoitetaan yleensä 10...25 m välein. Mikäli tutkimus on aloitettu seismisellä luotauksella, ei edellä esitettyä tiivistä kairausverkkoa säännönmukaisesti suoriteta, vaan seisminen luotaus tarkistetaan harkituissa pisteissä suoritetuilla kairauksilla näytteenottoineen tai koekuopilla.

Kairauskohtien sijoitus ja taajuus riippuu hyvin suuresti alueen geologisesta rakenteesta. Esimerkiksi pitkässä harjumuodostumassa, jota pitkin tielinja kulkee, voivat poikkileikkauksien etäisyydet olla suhteellisen pitkät, kun taas poikkileikkauksissa olevien kairauspisteiden välit on pidettävä lyhyinä. Laakealla moreenikentällä, jonka ulottuvuudet kaikkiin suuntiin ovat lähes saman suuruiset, on kairauspisteet pyrittävä saamaan molemmissa suunnissa samanpituisten etäisyyksien päähän toisistaan.

Myös tutkimusmenetelmät valitaan alueen geologisen rakenteen mukaan. Niiden on kuitenkin oltava sellaisia, että näytteiden ottaminen laboratorio-tutkimuksia varten on mahdollista. Luotettavin yleismenetelmä kaikenlaisessa maaperässä on koekuoppien kaivu, jota yleensä aina olisi käytettävä kairautulosten tarkistamista varten. Käsin kaivettuna koekuopat soveltu-

vat vain suhteellisen mataliin leikkauksiin; suurimpana taloudellisesti kannattavana syvyytenä voitaneen pitää 3...4 metriä. Mikäli tutkimustyössä on mahdollista käyttää työkoineita, voidaan koekuoppien kaivu edullisesti suorittaa konekaivuna. Koekuopat soveltuvat hyvin näytteiden ottoon, koska näytteet voidaan tällöin ottaa riittävän suurina. Kairaukset voidaan suorittaa painokairauksena niistä maalajeista, joista se tunkeutumisen kannalta on mahdollista. Kiinteämmissä maalajeissa ja kohdissa, joissa halutaan saada näytteitä, voidaan käyttää heijarikairauksia. Näytteitä voidaan ottaa myös lapio- ja kierrekairoilla. Tärykairaa on hyvin paljon käytetty kallion pinnan etsimiseen. Syväkairauksella voidaan tarkkan kalliopinnan selvityksen lisäksi ottaa näytteitä kerroksista, joihin muilla tutkimusvälineillä ei päästä tunkeutumaan.

Riippumatta siitä, millä menetelmällä tutkimus suoritetaan, on sen ulotuttava riittävän kauas tieleikkauksen sivuille, jotta kerrosjärjestys saadaan määritetyksi riittävän tarkasti. Ellei kalliota tavata ylempänä, on kairaukset ulotettava tarpeeksi paljon tulevan leikkauksen pohjan alapuolelle; vähimmäismittana pidetään 1...2 m. Silloin, kun kairauksen välit ovat pitkät, on vähimmäismittaa lisättävä, jotta todennäköisyys kairausreikien väliin jäävien kallionkärkien esiintymiselle saadaan pienemmäksi.

Tutkittaessa maaleikkauksen materiaalia sen käyttömahdollisuuksien selvittämiseksi riittävät kaikkiin laboratoriomäärityksiin yleensä häiriintyneet

näytteet. Näytteiden suuruus määritetään laboratoriokokeiden vaatimusten perusteella. Näytteitä otettaessa on pyrittävä siihen, että jokaisesta esiintymän kerroksesta saadaan näyte tutkimuksia varten. Näytteenottopisteet on valittava muiden tutkimustulosten perusteella siten, että maaperän ollessa laajalla alueella samankaltaista näytteenottopisteet ovat harvemmassa ja esim. juuri harjumuodostumissa tiheämmässä. Yleisenä ehtona olisi pidettävä, että näytteenottopisteet eivät ole harvemmassa kuin 50 metrin välein.

Näytteiden ottoa on yksityiskohtaisesti käsitelty osassa I, kohta 4.4. Näytteet pyritään ottamaan jatkuvina, jolloin laboratoriokokeet voidaan tehdä kutakin kerrosta parhaiten edustavista kohdista. Ellei näytteenottomenetelmä tätä salli, otetaan näytteitä yleensä yhden metrin välein.

Moreenimaissa arvioidaan maaperän kivisyys ja lohkaraisuus kaivettujen koekuoppien ja pintahavaintojen avulla. Tällöin on muistettava, että moreenin pintaosien kivisyys usein huomattavasti eroaa alempien kerrosten kivisyydestä.

Laboratoriotutkimukset

Kunkin materiaalin käyttötarkoitus määrää maanäytteille laboratoriossa suoritettavat kokeet. Suurimman mahdollisen hyödyn saamiseksi tutkimusaineistosta on aina pyrittävä yhdistämään kairausten yhteydessä tehdyt havainnot ja laboratoriokokeiden tulokset mahdollisimman hyväksi kokonaisuuksiksi.

Kaikille laboratorioon tuoduille maanäytteille suoritetaan seuraavat määritykset, jotka ovat lähinnä tarkoitetut selvittämään maalajien fyysikaalisia ominaisuuksia ja ovat tunnistamis- ja luokituskokeiden luonteisia:

- 1) rakeisuustutkimus
- 2) hienorakeisista maalajeista vesipitoisuuden määrittäminen
- 3) usein on edullista tutkia hienorakeisten maalajien tai moreenin hienoaineksen konsistenssirajat, lähinnä juoksu- ja plastisuusraja

Mikäli maan vedenläpäisevyydellä lopullisessa rakenteessa on merkitystä (esim. maapadot), on lisäksi tavallisesti tutkittava:

4) maalajin vesipitoisuuden ja tiivistyvyyden riippuvuus Proctor-kokeella

5) maalajien vedenläpäisevyys

Edellä esitettyjen määritysten lisäksi joudutaan joskus korkeiden patopenkereiden materiaalin osalta tutkimaan leikkauslujuus- ja muodonmuutosominaisuudet sekä määrittämään huokospaineparametrit.

Tulosten esittäminen

Tarvittaessa voidaan laatia kirjallinen selvitys. Siinä esitetään sellaiset tiedot, joita ei voi esittää piirustuksissa.

Piirustukset käsittävät pituus- ja tai poikkileikkauksia, joissa esitetään kaikki suoritettavat maaperätutkimukset sekä suunnitellun leikkauksen tasausviiva ja leikkausluiskat. Mittakaava on yleensä 1:500 ... 1:2 000/1:200.

Tutkimuskartan tarpeellisuus on harkittava kussakin tapauksessa erikseen.

Koekuopista on syytä laatia osan I kohdassa 4.4 esitetty raportti, joka myöhemmin täydennetään näytteiden laboratoriotutkimuksien perusteella. Erityistä huomiota on kiinnitettävä niihin tekijöihin, jotka eivät suoraan näytteenä ilmene näytteiden laboratoriotutkimusten tuloksista.

1.222 IRROTETTAVUUDEN SELVITTÄMINEN

Maastotutkimukset

Maalajien irrotettavuutta arvosteltaessa käytetään pääasiassa hyväksi kallion pinnan aseman sekä leikattavien materiaalien käyttökelpoisuuden selvittämiseksi tehtyjä maaperätutkimuksia. Niitä ohjelmoitaessa tulee kuitenkin muistaa irrotettavuuden arvioiminen ja tarvittaessa täydentää tutkimuksia riittävän selvityksen saamiseksi tässäkin suhteessa.

Maalajin kaivuluokka määritetään pääasiassa kolmen tekijän perusteella (ks. osa V). Nämä ovat: maalajin rakennusteknillinen luokka, johon sisältyy myös maalajin rakeisuuden ja kautumisen vaikutus, maalajin tiiviys ja kivisyys tai lohkareisuus. Näitä ominaisuuksia voidaan tutkia tavamukaisilla pohjatutkimusvälineillä: kairauksilla, koekuopilla ja seismisillä luotauksilla sekä näytteiden laboratoriotutkimuksilla.

Kairauksella on pystyttävä läpäisemään kaikki tutkittavassa reiässä vastaan tulevat maalajit, jotka voivat kuulua mihin kaivuluokkaan tahansa. Alustava pohjatutkimus, jonka perus-

teella lopullinen yksityiskohtainen tutkimusohjelma laaditaan, auttaa kuitenkin tutkimusmenetelmän valinnassa. Kairaukset kaivuluokkien K:1—K:2 maalajeissa on mahdollista suorittaa painokairausta käyttäen. Jotta kaivuvaikeusluokan arvioiminen olisi mahdollista, on kairaus suoritettava täysin ohjeiden mukaisesti (ei esim. lyöntikairauksena) varautumalla kuitenkin painokairausohjeiden mukaisesti tarvittaessa lyömään kairaa, jotta riittävä kairausvyvyys voitaisiin saavuttaa. Heijarikairauksella voidaan tutkia edellisten lisäksi myös kaivuluokkien K:3 ja K:4 maalajit. Maaperän irrotettavuuden arvioimisen kannalta on erittäin tärkeätä, että myös kivisyyden vuoksi epäonnistuneista kairausyrityksistä tehdään merkinnät tutkimusselostuksiin. Niiden perusteella voidaan tehdä päätelmiä maaperän kivisyydestä ja lohkareisuudesta.

Maaperätutkimustuloksiin liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi on IVO-luokitusta käytettäessä syytä pyrkiä suorittamaan irrotettavuuden määrittäminen kahden toisistaan riippumattoman tutkimusmenetelmän perusteella. Kairauksen lisäksi on toisena menetelmänä käytetty seismistä luotusta. Heijarikairauksen kairausvastuksen ja seismisen nopeuden riippuvuus maalajin kaivuluokasta on esitetty osassa V.

Kaivuluokan määrittämisessä on myöskin usein tärkeätä tietää maalajin luonnontilainen tilavuuspaino, joka on esitetty eräänä luokitusperusteena. Luonnontilainen tilavuuspaino voidaan määrittää esim. vesi- tai hiekkavolymetrillä koekuopassa eri syvyyksissä.

Tulosten esittäminen

Irrotettavuustutkimuksen tulokset esitetään tavalliseen tapaan piirustuksissa. Lisäksi on sopivalla tavalla piirustuksissa tai erillisessä kirjallisessa leikkaustutkimusselvityksessä esitettävä seuraavat tiedot:

1) tiedot maaperän kivisyydestä epäonnistuneiden kairausyritysten sekä kairaushavaintojen perusteella

2) tiedot maaperän tiiviysmittauksista sekä tiedot arvioidusta kivisyydestä ja lohkareisuudesta

Kaivuluokan määrittäminen suoritetaan kaikkien sekä maasto- että laboratoriotutkimustulosten perusteella.

Kaivuluokan arvioiminen tutkimustuloksista voidaan jättää rakentajan (urakkatarjousten laatijoiden) tehtäväksi, mutta voidaan haluttaessa myös tehdä suunnittelun yhteydessä ja merkitä tulokset sopivalla tavalla piirustuksiin. Urakkamenettelyssä nämä tiedot on esitetty rakennuttajaa sitomattomana informaationa.

1.223 VAKAVUUSKYSYMYSTEN SELVITTÄMINEN

Maaleikkausten vakavuuskysymyksiin joudutaan kiinnittämään huomiota silloin, kun leikkauksia on tehtävä koheesio-, väli- tai orgaanisiin maa-lajeihin. Vakavuudella tarkoitetaan tällöin leikkausluiskien pysyvyyttä liukumalla tapahtuvia sortumia silmälläpitäen. Kitkamaille ominaisia eroosio-kysymyksiä ja niiden vaatimia suo-jaustoimenpiteitä ei käsitellä tässä yhteydessä.

Tielinjan leikkauskohdat sijaitsevat tavallisesti maaston korkeimmilla kohdilla, jotka yleensä muodostuvat kantavista kitkamaista. Niiden vakavuus ei käytännöllisesti katsoen milloinkaan ole kyseenalainen. Poikkeuksen muodostavat Keski-Suomessa yleiset hiesukumpareet, joihin leikatuissa luiskissa saattaa alkuvuosina, ennen kuin kuivuminen ja kasvien juuret ne sitovat, esiintyä hankalia valuman luontoisia sortumia. Alikulkusiltojen yhteydessä sen sijaan joudutaan usein suorittamaan 4...5 m syvyisiä leikkauksia pehmeään koheesiomaahankin. Niiden vakavuus on toisinaan osoittautunut riittämättömäksi ja se on kussakin tapauksessa selvittettävä.

Vesiväylät ja kanavat rakennetaan yleensä maaston alimpiin kohtiin, jotka monesti muodostuvat pehmeistä koheesiomaista. Luiskan vakavuuskysymyksillä on niitä suunniteltaessa ja rakennettaessa hyvin keskeinen asema ja niiden selvittäminen edellyttää usein laajojen ja aikaa vaativien tutkimusten suorittamista.

Geoteknillisissä vakavuuslaskelmissa voidaan tarkastella joko luiskien lyhytaikaista (työaikaista) tai pitkäaikaista vakavuutta. Edellisen selvittämisessä on painopiste kenttätutkimuksissa (siipikairaukset) ja jälkimmäisten laboratoriotutkimuksissa (kolmi-aksiaalikoeket). Pysyviä leikkauksia mitoitettaessa joudutaan varmistautumaan siitä, että varmuus sortumista vastaan on riittävä kummallakin menetelmällä.

Rakennettaessa vesiväyliä kuivakavuna on työaikainen vakavuus yleensä kriittellinen. Tilanne paranee huomatta-

tavasti heti, kun vesi lasketaan uomaan. Mitoitus määräytyy tällöin lyhytaikaisen vakavuuden mukaisesti. Mikäli uoman vesisyvyys on pieni leikkauksen kokonaissyvyyteen verrattuna, saattaa taas pitkäaikainen vakavuus olla mitoittusta määräävä.

Tielinjan leikkaukskohdissa on tilanne useimmiten kriittisin työaikana, jolloin leikkauksen pohjalta puuttuvat vastapainoina toimivat ja leikkaussyvyttä pienentävät tien rakennekerrokset.

Maastotutkimukset

Rakenteiden ja varsinkin maaperän suurista vaihteluista johtuen ei maastotutkimuksien suorittamiseksi voida antaa yksityiskohtaisia kaikkiin tapauksiin suoraan soveltuvia ohjeita, vaan kukin kohde on käsiteltävä omana erikoistapauksena.

Karkeana ohjesääntönä voidaan pitää sitä, että luiskanvakavuuskysymyksiin on ruvettava kiinnittämään huomiota, mikäli leikkaussyvyys orgaanisessa maaperässä tai pehmeässä savessa ylittää 2...3 m, kiinteässä savessa 3...4 m ja välimaalajeissa 4...5 m.

Maaleikkausten vakavuutta selvittävien tutkimusten laajuus riippuu huomattavasti mahdollisten sortumien aiheuttamista taloudellisista vahingoista. Tässä mielessä kohteet voidaan jakaa tärkeysjärjestyksessä kolmeen pääryhmään:

1) tärkeimmät kanavat ja vesitiet sekä tieleikkaukset, missä sortumat saattavat vahingoittaa siltoja tai muita kalliita rakenteita, tai huomattavasti haitata liikennettä

2) vilkasliikenteiset tiet, missä luiskasortumat saattavat häiritä liikennettä, vähämerkitykselliset vesitiet

3) syrjäiset, vähäliikenteisillä teillä olevat leikkaukset

Täydellinen maastotutkimus edellyttää ainakin seuraavien asioiden selvittämistä:

1) maaperän pinnanmuodostus ja sen geologinen luonne

2) leikkauksen vaikutuspiirissä olevien maakerrosten laatu ja maalajirajat kiinnittäen erityisesti huomiota maan pinnan tai kerrosrajojen sivukaltevuuteen

3) maakerrosten lujuus kiinnittäen erityisesti huomiota mahdollisiin sivukalteviin heikkoihin kerroksiin

4) ennen leikkauksen suomittamista vallitsevat pohjavesiolosuhteet: Niillä on tärkeä merkitys leikkauksen vakavuudelle ja ne saattavat muuttua huomattavasti leikkauksen johdosta, jolloin esim. maaperä saattaa painua, lähiympäristön kaivot kuivua, paaluperustukset lahota ym. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota leikkauksessa tai sen alapuolella mahdollisesti sijaitseviin karkeisiin vettä läpäiseviin maakerroksiin ja niissä mahdollisesti vallitsevaan arteesiseen ylipaineeseen

5) leikkausmassoille on varattava riittävästi läjitysalueita mahdollisimman läheltä työkohdetta

Maastotutkimukset suoritetaan muuhun suunnitteluun joustavasti niveltäen siten, että työn kussakin vaiheessa on käytettävissä tarpeelliset maaperätiedot. Kun vaihtoehtojen vertailuun ja muuhun alustavaan suunnitteluun liittyvät tutkimukset jätetään käsittelyn ulkopuolelle (ks. kohta 1.1)

ja lähtökohdaksi otetaan tilanne, jossa leikkauksen paikka on suurin piirtein selvä, on tutkimukset yleensä edullista suorittaa kahdessa vaiheessa:

- 1) alustavat tutkimukset
- 2) lopulliset tutkimukset

Ennen varsinaisten kenttätöiden alkua on niitä suunnittelevilla henkilöillä täten oltava alustava tieto tulevan leikkauksen paikasta ja mitoista (leveys ja tasausviivan asema).

Alustavan tutkimuksen tarkoituksena on antaa yleiskuva leikattavasta maaperästä ja sen laadusta. Sen perusteella tulee olla mahdollista suorittaa tarkoituksenmukaisia pienehköjä linjan siirtoja sekä laatia lopullinen tutkimussuunnitelma.

Mikäli aikaisemmissa suunnittelu- vaiheissa suoritettut tutkimukset täyttävät edellä mainitut vaatimukset, voidaan tutkimukset tällaisilla osuuksilla tehdä suoraan lopullisina.

Alustava tutkimus tulee yleensä aloittaa käytettävissä olevaan kartta-aineistoon, ilmakuviin ja silmämääräiseen maastotarkastukseen perustuvalla geologisella selvityksellä (ks. osa I kohta 4.1).

Alustavan tutkimuksen tärkeimmän osan muodostavat painokairaukset. Mikäli leikkauksen paikka on ennakolta määrätty, voidaan kairaukset keskittää sen keskilinjalle. Olosuhteista riippuen voi kairausväli tällöin vaihdella 40 ... 100 m. Kohdilla, missä maan pinta on sivukalteva tai joissa voidaan epäillä kovan pohjan sivukaltevuutta (pehmeikön päissä tai linjan kulkiessa lähellä kovan maan reunaa), on lisäksi tutkittava joitakin

poikkileikkauksia aina kovan maan reunaan saakka.

Mikäli leikkauslinjan paikka ei ole tarkoin määrätty, on kairaukset järjestettävä ruudukkoon 20 ... 80 m välein siten, että edullisin linjan paikka voidaan määrittää näiden avulla.

Painokairauksen lisäksi on tutkimusten alustavassa vaiheessa suoritettava joitakin siipikairauksia siten, että saadaan lujuustiedot pisteestä (tai pisteistä), missä painokairausvastus on keskimääräinen ja toisaalta kohdista, missä se on keskimääräistä pienempi sekä alueelta, missä leikkaus on syvin. Saman periaatteen mukaan on pehmeiköltä jo tutkimusten tässä vaiheessa otettava maalajien määrittämiseksi (häiriintyneitä) näytesarjoja.

Kaikkien edellä mainittujen kairauspisteiden paikat on sidottava siten, että niitä voidaan käyttää hyväksi myös lopullisten tutkimusten yhteydessä.

Pohjavesikysymysten selvittelyn on ainakin ensimmäisen tärkeysluokan töissä alettava alustavien kenttätutkimusten yhteydessä (mikäli leikkauksen ympäristön topografiasta ei voida päätellä pohjaveden olevan huomattavasti leikkauksen pohjan alapuolella). Tässä tarkoituksessa on

- 1) tarkastettava kaikki lähiympäristön kaivot ja otettava selvää niiden vesipintojen vaihteluista ja antoisuuksista

- 2) havaittava pohjaveden pinta kaikissa kairausrei'issä

- 3) kartoitettava maan pinnalla mahdollisesti näkyvät lähteet ja koskeikat

4) lyötävä vaativimmissa töissä pitkäaikaista tarkkailua varten maahan eri syvyyksiin ulottuvia pohjavesiputkia tai huokosvedenpaineen mittauslaitteita. Erikoisesti niitä on pyrittävä sijoittamaan koheesiomaan alle karkeisiin hyvin vettä läpäiseviin maakerroksiin

Lopullisten maastotutkimusten tarkoituksena on yhdessä laboratoriotutkimusten kanssa antaa mahdollisimman yksityiskohtainen kuva leikkauksen vaikutuspiirissä olevista maalajeista ja niiden geoteknillisistä ominaisuuksista.

Tutkimuksen rungon muodostavat painokairaukset, joita leikkauksen keskilinjalla suoritetaan maastosta riippuen 10...40 m välein. Tämän lisäksi on poikkileikkaukset vaaittava ja kairattava tavallisesti 20 m, vaihtelevissa maastokohdissa 10 m ja tasaisilla selvillä alueilla 40 m välein. Aivan selvillä, geologisesti yhtenäisillä alueilla voidaan tyytyä vieläkin harvempaan poikkileikkauksien kairaukseen. Kairauksen väli poikkileikkauksissa on tavallisesti 10...20 m.

Painokairaukset on syvyysuunnassa ulotettava kovaan pohjaan saakka tarvittaessa lyömistä apuna käyttäen. Mikäli on epäilyjä siitä, ettei kysymyksessä ole kova pohja vaan kiinteä välikerros, on joissakin tärkeimmissä kairauspisteissä suoritettava tarkistuksia esim. heijarikairalla.

Mikäli kova pohja on hyvin syvä, voidaan pääosa kairauksista päättää syvyyteen $1.5 \dots 2.0 \times H$ (H = leikkauksen syvyys). Joitakin keskilinjalla kairauksia tulee kuitenkin ulottaa kovaan pohjaan saakka.

Mikäli sekä maan pinta että kova pohja ovat tasaisia (kaltevuudet $\leq 1:20 \dots 20$), tulee kairattujen poikkileikkauksen leveyden olla $\geq 1.5 \dots 2.0 \times B$ (B = leikkauksen suunniteltu leveys maan pinnalla). Mikäli taas sivukaltevuutta esiintyy, on kairaukset ainakin joka toisessa poikkileikkauksessa ulotettava leikkauksen yläpuolella kovan maan reunaan saakka.

Painokairauksen asemesta voidaan tulevaisuudessa ilmeisesti käyttää myös puristinkairautta.

Painokairauksia on koheesiomaissa täydennettävä siipikairauksilla. Riittävä kuva maan leikkauslujuudesta saadaan yleensä suorittamalla yksi siipikairaus 3...4 painokairasta kohti. Siipikairauspisteet on valittava painokairautulosten perusteella siten, että lujustiedot saadaan sekä keskimääräistä että varsinkin sitä pienempää vastusta osoittavista painokairauspisteistä.

Syvyysuunnassa siipikairaukset ulotetaan tavallisesti samaan syvyyteen kuin mihin painokairauksella päästään kiertämättä. Siipikairautta ei saa lopettaa mahdolliseen kovaan välikerrokseen, vaan se on läpäistävä varovaisesti lyömällä.

Ensimmäisen tärkeysluokan työkohteissa on siivikon vääntäminen pyritävä suorittamaan nimenomaan tähän tarkoitukseen suunniteltua momenttimittaria käyttäen (ks. osa I kohta 4.35).

Tärkeissä työkohteissa voidaan tavallisten kairauksien lisäksi joutua suorittamaan kairauksia erimuotoisilla siivikoilla tai tutkimaan leikkausvastuksen ja siivikon kiertokulman vä-

listä suhdetta havaitsemalla leikkausvastuksen arvot sekä ennen sen maksimikohtaa (leikkauslujuus) että varsinkin sen jälkeen saavutettava lähes tasaisen leikkauslujuuden jäännösarvo.

Maaperän laadun ja geoteknillisten ominaisuuksien selvittämiseksi on sopivaksi harkituilta kohdilta otettava siipi- ja painokairattujen pisteiden viereistä näytesarjoja. Suuntaa antavana ohjeena voidaan pitää 1 näytesarjaa 8...10 painokairauspistettä kohti. Periaatteessa ei kaikkien näytesarjojen tarvitse olla häiriintymättömiä. Toisaalta häiriintymättömien näytteiden ottotekniikka on viime aikoina niin paljon kehittynyt, ettei häiriintyneiden näytteiden otto ole sanottavasti helpompaa kuin häiriintymättömien, jotka ovat huomattavasti edellisiä parempia ja siis suositeltavia. Koska laboratoriotutkimuksiin, lähinnä kolmiakσιαalikoikiisiin tarvitaan suhteellisen paljon maata, on häiriintymättömät näytesarjat pyrittävä ottamaan jatkuvina. Joskus saattaa olla tarpeen ottaa jopa kaksi rinnakkaista näytesarjaa. Näytteenottokohtien määrää koskevana vähimmäisvaatimuksena voidaan pitää

1) ensimmäisen luokan leikkauksissa häiriintymätön näytesarja kuttakin 3...4 häiriintynyttä sarjaa kohti, kuitenkin vähintään 2 kappaletta leikkausta kohti.

2) toisen luokan leikkauksissa vähintään yksi häiriintymätön sarja leikkausta kohti. Suurissa leikkauksissa tai vaihtuvissa maalajeissa useampia.

3) kolmannen luokan leikkauksissa eivät häiriintymättömät näytteet ole välttämättömiä.

Kaikki näytesarjat on ulotettava aina ns. kovaan pohjaan (kitkamaahan) saakka. Mikäli syvyys kovaan pohjaan $\leq 1.5 \dots 2.0 \times H$ (H = leikkaussyvyys) on pohjamaan laatu tärkeimmissä leikkauksissa tarkistettava ja siellä vallitseva pohjaveden paine mitattava joissakin sopiviksi havaituissa pisteissä (mikäli mittauksia ei ole aloitettu jo alustavien tutkimusten yhteydessä).

Alustavien tutkimusten yhteydessä selostettuja pohjavesihavaintoja on jatkettava lopullisten tutkimusten yhteydessä (tai ne on aloitettava viimeistään silloin). Lisäksi on huomattava, ettei pohjavesiolosuhteita työn aikana tai sen jälkeen voida tarkoin selvittää tutkimusten yhteydessä. Toisaalta niillä on tärkeä merkitys esimerkiksi leikkauksen tulevan vakavuuden kannalta. Tämän vuoksi on tärkeätä, että pohjaveden tarkkailua ja huokosveden paineen mittauksia jatketaan joissakin kohdissa vielä töiden aikana ja niiden päätyttyä (ks. osa I kohta 4.74).

Kaikkia edellä mainittuja lukuarvoja on pidettävä vain suuntaa antavina. Tutkimusten lopullisen laajuuden määrää kussakin tapauksessa erikseen niitä johtavan henkilön harkinta ja kokemus.

Laboratoriotutkimukset

Häiriintyneet näytteet voidaan tutkia kyseisen piirin keskuslaboratoriossa ja häiriintymättömät maatumkimustoiuimistossa. Mikäli kaikki näytteet on otettu häiriintymätöminä valitaan niistä edustavimmat sarjat jatkotutkimuksia varten maatumkimustoiuimistoon lähetettäväksi.

Piirin omassa laboratoriossa tulee näytteistä tutkia

- 1) vesipitoisuus
 - 2) hienousluku
 - 3) häiriintyneen näytteen kartio-kokeet
 - 4) humuspitoisuus
 - 5) rakeisuus
- sen lisäksi
- 6) tilavuuspaino
 - 7) kartiolujuus ja
 - 8) sensitiivisyys

mikäli näytteet ovat häiriintymättömiä. Erikseen sovittaessa voidaan vielä tutkia juoksu- ja kieritysrajat.

Tutkimukset suoritetaan aina syvyys-suunnassa säännöllisin usein 0.5 m tai 1 m välein lukuun ottamatta rakeisuutta, jossa voidaan tyytyä harvempiin määrittelyihin.

Maatutkimustoimistossa tulee häiriintymättömistä näytteistä kaikkien edellä mainittujen määritysten lisäksi tutkia

- 9) juoksu- ja kieritysrajat
- 10) kokoonpuristuvuus ja
- 11) leikkauslujuusparametrit c' ja ϕ' .

Lisäksi on usein jälkitarkasteluja varten edullista valokuvata kolmiak-siaalikojeella tutkitut näytteet tai ylijäämäsavi kuivana tai puolikuivana.

Kokoonpuristuvuustutkimuksia tulee lähinnä suorittaa maan konsolidaat-ioasteen määrittämiseksi. Kokeeseen tulee tällöin kuulua

1) kuormitus esikuormituspisteen yli (esikuormituspisteen lähistöllä voidaan tarpeen mukaan käyttää normaalia tiheämpää kuormitusväliä)

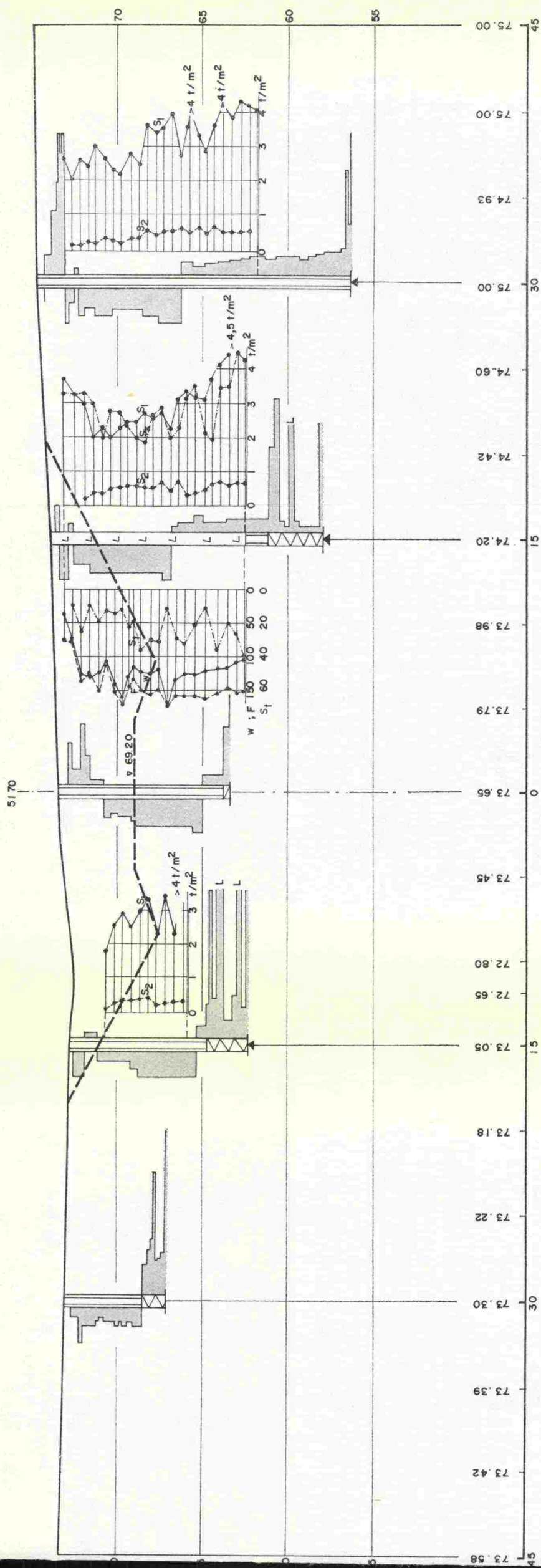
2) kuormituksen asteettainen poisto
3) uusintakuormitus huomattavasti kuormituksen purkamisen alkupisteen yli.

Tehokkaiisiin jännityksiin perustuvissa vakavuuslaskelmissa (pitkäaikainen vakavuus) tarvittavat leikkauslujuusparametrit c' ja ϕ' , määrätään parhaiten kolmiak-siaalikojeilla, joiden yhteydessä leikkaus voidaan suorittaa mahdollisimman luonnonmukaisissa olosuhteissa. Periaatteessa tulisi tällöin näytteet konsolidoida anisotrooppisesti ($\delta'_3 = \lambda \delta'_1$, missä λ = lepopainekerroin), ja suorittaa leikkaus siten, että muodonmuutos = 0 pääjännityksen δ'_2 suunnassa. Käytännössä ei tällainen koejärjestely ole mahdollinen, vaan parhaaseen tulokseen päästään suorittamalla konsolidoituja kuivattuja kokeita (CD-koe). Konsolidaatiopaine ei tällöin saisi ylittää luonnossa vallinnutta konsolidaatiopainetta, koska näyte tämän yläpuolella alkaa konsolidoitua ja sen sisäinen rakenne murtua. Käytännössä $\delta'_3 = \frac{2}{3} p_c$ (p_c = ödometrikokeella havaittu esikuormitus).

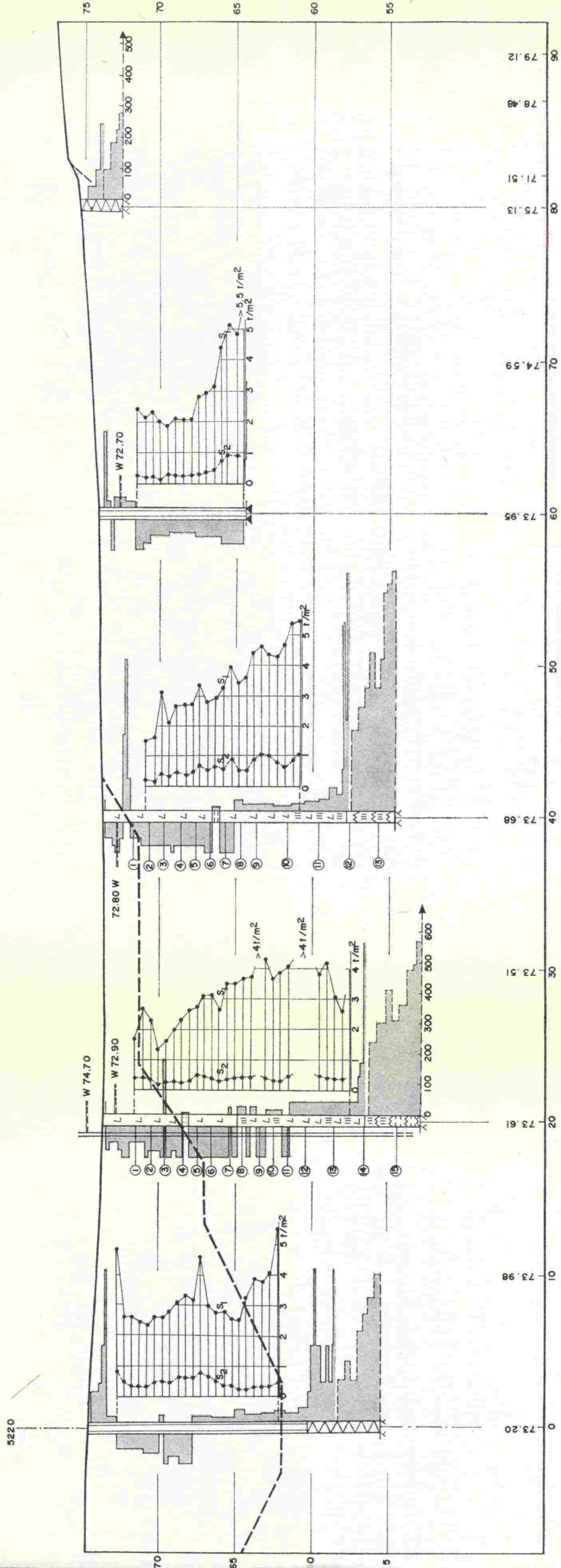
Käytännössä ovat CD-kokeet erittäin hitaita (puristusnopeus 2...3 %/vrk, koeaika 3...5 vrk). Tämän vuoksi voidaan kokeiden suorittamisessa menetellä seuraavasti:

Leikkauksesta valitaan koosta riip-puen yksi tai useampia edustavia poikkileikkauksia, joista otetuille näy-tesarjoille suoritetaan kolmiak-siaaliko-keita. Pääosa kokeista suoritetaan konsolidoituina nopeina kokeina (CU-koe). Huokosvedenpaine on mitattava työn aikana ja tulokset esitettävä

Kuva 8:
Kobeesiomaleikkauksen tulokset
(II-luokka).



Kuva 9:
Kohesioonaluokituksen
(1-luokka).



tehokkaisuuteen jännityksiin perustuen.

Konsolidaatiopaineen tulee olla $\leq \frac{2}{3}$

pu. CU-kokeilla saadut tulokset ovat usein samoja kuin CD-kokeilla saadut. Koska näin ei kuitenkaan aina ole asiaa laita, varsinkaan ei ole selvä, kumpaa murtokriteeriä ($\delta'_1 - \delta'_3$) maks. tai (δ'_1/δ'_3) maks. tulisi käyttää, on vertauskohdan saamiseksi kustakin näytesarjasta tai savityypistä suoritettava joitakin CD-kokeita samaa suuruusluokkaa olevia konsolidaatiopaineita käyttäen kuin CU-kokeissa. CU-kokeet tulkitaan sitä murtokriteeriä käyttäen, mikä antaa samat tai lähes samat c' - ja ϕ' -arvot kuin CD-kokeet samantyyppisestä savesta.

Leikkauslujuusparametrit saadaan edullisimmin lasketuiksi pienimmän neliösumman menettelyä käyttäen, mikäli murtotilaa vastaavat koetulokset esitetään pisteinä $\frac{1}{2} (\delta'_1 - \delta'_3)$

... $\frac{1}{2} (\delta'_1 + \delta'_3)$ koordinaatistossa yhdistämällä mahdollisimman suuren samaa maakerrostumaa edustavan koemäärän samalle suoralle.

Tulosten esittäminen

Kenttä- ja laboratoriotutkimuksista on pidettävä pöytäkirjaa ja tulokset on esitettävä diagrammeina osassa I, kohta 5 osoitetulla tavalla.

Suunnittelua ja rakentamista varten on I tai II luokan leikkauksista valmistettava

- 1) kartta
- 2) pituusleikkaus ja
- 3) poikkileikkaukset tutkituilta kohdilta.

Kartasta, joka tavallisesti piirretään mittakaavaan 1:500 ... 1:1 000 (tasaisilla alueilla 1:2 000), tulee ilmetä maanpinnan muodot, leikkauksen sijainti, kaikkien tutkimusten paikat karttamerkintöinä, ym. asian käsitteelyyn vaikuttavat seikat.

Pituusleikkaus piirretään tavallisesti mittakaavaan 1:500 ... 1:1 000 vaakasuorassa suunnassa ja siinä esitettävät keskilinjalla suoritettujen tutkimusten tulokset syvyys suunnassa mitattakavassa 1:200.

Poikkileikkaukset piirretään tavallisesti mitattakavaan 1:200 (pysty- ja vaakamittakaavojen tulee aina olla yhtä suuret). Niissä on esitettävä kaikkien ko. poikkileikkauksessa suoritettujen kenttätutkimusten tulokset, samoin kuin kartiolujuus, vesipitoisuus ja hienousluku, diagrammina, mikäli mahdollisista näytesarjoista ei ole suoritettu muita tutkimuksia, kuten on laita oheisessa kuvassa 8. Se kuvaa tutkittua koheesiomaaleikkausta tielinjalla (II-luokka). Mikäli häiriintymättömästä näytesarjasta on suoritettu paljon erilaisia tutkimuksia, ei kaikkien tulosten esittäminen diagrammina poikki- tai pituusleikkauspiirroksissa ole piirustusteknillisesti mahdollista. Tulokset on tällöin esitettävä käyrinä ja taulukoina erillisissä yhtenäisissä liitteissä. Näin on menetelty esimerkiksi kuvassa 9, joka esittää poikkileikkaustutkimuksia hiekan sivukaltevaan maastoon tehtävää kanavaa varten (I-luokka). Näytetutkimukset on siinä esitetty kenttätutkimusdiagrammeissa vain laboratorio-numeroina.

Kohdista, missä luiskien stabiilitetti on ilman muuta riittävä (kitkamaat) tai mahdolliset vauriot vähämerkityksellisiä (III-leikkaus), voidaan edellä mainitusta esitystavasta tinkiä ja esittää tutkimustulokset suunnitelman pituusleikkauksessa.

1.23 PENKEREIDEN JA PATOJEN ALUSTAN TUTKIMINEN

Tienrakennustöiden yhteydessä joudutaan alavimmat maastonkohdat yleensä ylittämään pengertämällä. Näin on laita varsinkin silloin, kun maasto on epätasaista eikä tasausviiva voi seurata maan pinnan vaihteluita. Alavat maastonkohdat ovat varsinkin Etelä- ja Länsi-Suomessa maaperältään monesti hyvin pehmeitä, mistä johtuen penkereiden rakentaminen niiden varaan edellyttää tavallisesti perusteellista geoteknillistä tutkimusta ja suunnittelua.

Tutkimusten avulla pyritään selvittämään:

- 1) maaperän laatu päällysrakenteen mitoitusta silmällä pitäen (routivuus ja kantavuus),

- 2) maaperän kantavuus penkerein painosta aiheutuvia murtumia silmällä pitäen,

- 3) maaperän kokoonpuristuvuus.

Edellä mainittujen pääasioiden lisäksi joudutaan selvittämään mm. siirtymäkiilojen paikat ja rakenne penkerein päissä, suorittamaan rumpupaikkaan tutkimuksia ym. yksityiskohtaisia selvityksiä.

Ensimmäisen kohdan mukaiset tutkimukset ovat periaatteellisesti vält-

tämättömiä vain matalien penkereiden kohdalla. Korkeissa penkereissä määrättyy päällysrakenne käytetyn pengermateriaalin mukaan.

Maaperän kantavuus- ja painumakysymyksiin joudutaan kiinnittämään huomiota yleensä vain koheesio- tai välimaalajeissa. Niiden kantavuus on tavallisesti huonoin joko työn aikana tai välittömästi tämän jälkeen (lyhytaikainen vakavuus). Vakavuuslaskelmat voidaan tällöin suorittaa ns. $\sigma = 0$ -menetelmää käyttäen ja pääosa tutkimuksista kentällä siipikairalla. Poikkeustapauksissa pohjamaan ollessa välimaalajia tai penkerein sijaitessa sivukaltevassa maastossa tai esimerkiksi saveen uurtuneen jokiuoman laidalla voi tehokkaisiin jännityksiin perustuvan $c - \sigma$ -menetelmän käyttö tulla kysymykseen (pitkäaikainen vakavuus). Tämä edellyttää huokosvedenpaineen mittauksia (tai otaksuamista) ja perusteellisia laboratoriotutkimuksia.

Painumalaskelmat, joita joudutaan yleensä suorittamaan vain koheesio- tai välimaalajeille perustetuille penkereille, edellyttävät häiriintymättömien näytteiden ottoa ja kokoonpuristuvuuskokeiden suorittamista laboratoriossa (ödometrikokeita). Alustavissa lähiarvolaskelmissa voidaan arviot normaalikonsolidoituneilla koheesiomailla suorittaa vesipitoisuuteen perustuvilla laskukaavoilla.

Patopenkereiden pohjia tutkittaessa ja sopivaa padon paikkaa haettaessa joudutaan maaperän kantavuus- ja kokoonpuristumiskysymysten lisäksi kiinnittämään erittäin suurta huomiota maaperän vedenläpäisykykyyn

ja pohjavesiolosuhteisiin. Tämän johdosta muodostavat näytteenottokairaukset ja sekä kentällä että laboratoriossa suoritettavat vedenläpäisykokeet huomattavan osan ennakkotutkimuksista.

Patopenkereiden vakavuutta arvioitaessa joudutaan tavallisesti tarkastelemaan kolmea eri tilannetta:

- 1) rakennusvaihe,
- 2) jatkuva suototilanne veden kuormittaessa patoa,
- 3) nopea veden aleneminen.

Laskelmat joudutaan yleensä suorittamaan $c - \phi$ -menetelmällä, mikä edellyttää perusteellisia laboratoriotutkimuksia sekä huokosveden paineen mittauksia.

Maastotutkimukset suoritetaan muuhun suunnitteluun joustavasti niveltäen siten, että työn kussakin vaiheessa on käytettävissä tarpeelliset maaperätiedot. Kun vaihtoehtojen vertailuun ja muuhun alustavaan suunnitteluun liittyvät tutkimukset jätetään käsittelyn ulkopuolelle (ks. kohta 1.1) ja lähtökohdaksi otetaan tilanne, jossa tien, padon tms. penkereen paikka on suurin piirtein selvä, on tutkimukset yleensä edullisinta suorittaa kahdessa vaiheessa:

- 1) alustavat tutkimukset,
- 2) lopulliset tutkimukset.

1.231 ALUSTAVAT TIENPENKE-REITÄ KOSKEVAT MAA-PERÄTUTKIMUKSET

Alustavien tutkimuksien tarkoituksena on

- 1) antaa yleiskuva pohjamaan laadusta ja kantavuudesta,

- 2) pehmeikkötutkimusten suorittaminen siinä laajuudessa, että voidaan määritellä linjan lopullinen sijainti, sekä laatia suunnitelma lopullisten tutkimusten suorittamiseksi.

Mikäli aikaisemmissa suunnitteluvaiheissa suoritettut tutkimukset täyttävät edellä mainitut vaatimukset, voidaan tutkimukset tällaisilla osuuksilla tehdä suoraan lopullisina.

Työ tulee alkaa alustavalla maaperäntarkastuksella, mikä voidaan suorittaa esimerkiksi ilmakuvien avulla (ks. osa I kohta 4.1) tai maastotarkastuksella. Sen tarkoituksena on ensi sijassa kantavien ja huonokantoisten alueiden erottaminen toisistaan.

Varsinaiset alustavat kenttätutkimukset käsittävät kovilla mailla lähinnä joidenkin etupäässä tien keskilinjalle tehtävien koekuoppien kaivua, joiden avulla maaperän laatu pyritään tarkistamaan. Mikäli on kysymys moreenista tai muusta kitkamaasta ei muita tarkistuksia enää tässä vaiheessa tarvita, ellei ole kysymys harjujen tai muiden lajittuneiden kitkamaamuodostumien reunamista ja korkeasta penkereestä ($> 5 \dots 7$ m).

Koheesio- ja tavallisesti myös väli-maalajeilla on niiden kantavuuden ja kerrostuman syvyyden selvittämiseksi suoritettava kairauksia. Pääosan niistä muodostavat painokairaukset, joita tärkeimmissä pisteissä yleensä täydennetään siipi- ja näytteenottokairauksilla (häiriintyneitä näytteitä).

Alustava painokairausverkosto voi olla suhteellisen harva. Pääosa kairauksista voidaan sijoittaa tien keskilinjalle, mikäli se on tiedossa. Kairauspisteiden väli on täysin riippuvai-

nen maastosta. Missä vaihtelut ovat jyrkkiä, voi 20 m olla sopiva väli jo tässä vaiheessa. Tasaisilla geologisesti yhtenäisillä alueilla voidaan käyttää jopa 100 m suuruusluokkaa olevia etäisyyksiä. On tärkeätä, että joitakin kairauspisteitä sijoitetaan pehmeikön alavimmalle kohdalle, missä maaperän kantavuus on tavallisesti huonoin ja penkereen korkeus suurin.

Mikäli maan pinta on sivukalteva tai voidaan epäillä kovan pohjan sivukaltevuutta, kuten on usein laita pehmeikköjen päissä, jokitörmissä sekä vesistöjen rannoilla, on joissakin edustavissa (epäilyttävissä) kohdissa vaaittava ja kairattava myös poikkileikkaukset niin etäälle penkereen alapuolella kuin kaltevuutta havaitaan.

Mikäli pyritään selvittämään tielinjan edullisinta sijaintia, on pehmeiköltä tutkittava joitakin edustavia todennäköistä tielinjaa vastaan kohtisuoria poikkileikkauksia tai vaihtoehtoisesti on kairaukset järjestettävä harvahkoon koko pehmeikköalueen peittävään verkostoon. Mikäli taas on tutkittavana useita vaihtoehtoisia tielinjoja on niistä kukin tutkittava erikseen, mikäli ne eivät ole niin lähellä toisiaan, että on edullisempaa sijoittaa ne kaikki samoihin kairattuihin ja vaaittuihin poikkileikkauksiin (ks. myös kohta 1.1).

Maaperän leikkauslujuuden selvittämiseksi on pehmeiköllä jo tutkimusten alustavassa vaiheessa suoritettava joitakin siipikairauksia. Kairauspisteet on sijoitettava tien keskilinjalle siten, että tiedot saadaan kohdilta, missä kairausvastus on keskimääräinen ja kohdilta missä se on

pienin sekä lisäksi alueelta, missä pengerkorkeus on suurin. Sivukaltevissa kohdissa voidaan siipikairauksia poikkileikkaustutkimusten yhteydessä joutua suorittamaan myös tielinjan ulkopuolelta.

Maaperän laadun selvittämiseksi on kultakin pehmeiköltä otettava vähintään yksi (häiriintynyt) näytesarja alueen heikoimmalta kohdalta. Laajoilla pehmeikköalueilla tai mikäli maaperän lujuus tai pehmeän maakerroksen paksuus vaihtelevat huomattavasti, on useampien sarjojen otto välttämätöntä. Samoin on soilla turpeen paksuus jo tässä vaiheessa selvitettävä (esim. kierre- tai kannukairalla) ainakin joka toisesta painokairauspisteestä.

Kaikki kairauspisteet on sidottava siten, että ne ovat käytettävissä myöhemmin lopullisia tutkimuksia suoritettaessa.

1.232 ALUSTAVAT TUTKIMUKSET PATOPENKEREIDEN ALLA

Toisin kuin tiepenkereiden alla, missä pääosan tutkimuksista muodostavat pehmeikkötutkimukset, joudutaan patopenkereiden kohdalla selvittämään kaikki sen vaikutuspiirissä olevat maalajit ja -kerrokset ja niiden geoteknilliset ominaisuudet.

Alustavien tutkimusten tarkoituksena on antaa yleiskuva patoalueen maaperästä ja sen geologiasta. Sen perusteella tulee olla mahdollista suorittaa patolinjan lopullinen sijoitus maastoon sekä laatia lopullinen tutkimussuunnitelma. Sen yhteydessä tulee kiinnittää huomiota

1) kalliopaljastumiin ja niiden laatuun (ruhjeet, lohkosuunnat ym.)

2) kalliopinnan syvyyteen irtomaakerrosten alla

3) irtomaakerrosten laatuun vedenläpäisevyyttä silmällä pitäen. Lähinnä on tällöin erotettava alueet, missä pohjamaa on vettä läpäisemätöntä (koheesiomaata, välimaata tai moreenia) tai vettä läpäisevää (lajittuneita kitkamaita)

4) irtomaakerrosten laatuun maaperän kantavuutta ja kokoonpuristuvuutta silmällä pitäen, jolloin lähinnä joudutaan erottamaan koheesio- ja välimaalajialueet kitkamaalajeista.

Kalliopaljastumien laadun tutkimisessa voidaan oloissamme työn alustavassa vaiheessa tyytyä geologin suorittamaan silmävaraiseen tarkastukseen.

Kalliopinnan syvyys voidaan alustavasti määrittää esimerkiksi seismisin luotauksin tai vaihtoehtoisesti heijarikairauksin. Edelleen voidaan apuna jo tässä vaiheessa käyttää suuritehoisia paineilma- ja/tai vesihuuhteluperiaatteella toimivia vaunuporakoneita. Niillä on ensiksi mainittuihin laitteisiin verrattuna se etu, että kalliopinnan asema voidaan määrittää varmasti ja näytteiden otto on mahdollista kovissakin maissa. Kairaukset on tällöin sijoitettava siten, että niiden avulla voidaan tarkistaa seismisten luotauksen tai heijarikairausten tuloksia. On huomattava, että rakennettaessa matalahkoa patoa ($< 5 \dots 6$ m) yhteiselle moreenialueelle ei tarkka tieto kalliopinnan asemasta ole välttämätön, mikäli moreenipatja on suhteellisen paksu ($> 4 \dots 5$ m). Sa-

moin on laita, mikäli kysymyksessä on vesistön rannalle suhteellisen läpäisemättömälle koheesio- tai välimaalajille rakennettava tulvasuojelupato.

Pehmeikköalueet (koheesio- tai välimaalajit), missä maaperän kantavuus saattaa olla riittämätön tai kokoonpuristuvuus suuri, tutkitaan alustavasti samoja periaatteita noudattaen kuin tienpenkereet vastaavilla alueilla. Koska padot yleensä pyritään perustamaan kantavan pohjan (kitkamaan) varaan, joko pehmeikön reunaan tai massanvaihtoa käyttäen sen alle, on päähuomio kiinnitettävä näiden mahdollisuuksien selvittämiseen.

1.233 LOPULLISET TIE- PENKEREIHIN LIITTYVÄT KENTTÄTUTKIMUKSET

Lopullisten tutkimusten tarkoituksena on selvittää penkereen alle jäävien maakerrosten kantavuus-, routivuus- ja kokoonpuristuvuusominaisuudet sen laajuksina, että tiepenger pystytään niihin perustuen suunnittelemaan ja rakentamaan ilman, että työn aikana joudutaan tekemään aikaa ja kustannuksia vaativia muutoksia, sekä ettei penger työn aikana tai sen jälkeen vaurioidu (sorru tai painu epätasaisesti).

Maaperän suurista vaihteluista johtuen ei yksityiskohtaisia kaikkiin tapauksiin välittömästi soveltuvia tutkimusohjeita voida laatia. Lisäksi on huomattava, ettei perusteellisillakaan tutkimuksilla voida täysin välttää työnaikaisia yksityiskohtiin kohdistuvia muutoksia tai tarkistuksia. Tästä johtuen on suurta huomiota kiinni-

tettävä maaperäolosuhteiden tarkistamiseen rakennusaikana (työn valvonta).

Kitkamaiden kantavuus on tiepenkerein alustana käytännöllisesti katsoen aina riittävä. Tutkimusten pää tarkoitus on maan kantavuus- ja routivuusluokan määrittäminen. Tämän toteamiseksi kaivetaan tien keskilinjalle (tai 2-ajorataisen tien ollessa kysymyksessä molempien ajoratojen alle) koekuoppia 40...80 m välein. Kuoppien syvyyden tulee olla n. 1 m. Kaivussa voidaan käyttää apuna traktorikaivuria, kaira-autoa tai kivettömissä maissa kierre- tai lapiokairaa. Maaperän laatu tutkitaan koekuopista otettujen näytteiden avulla joko silmämääräisesti tai laboratoriossa. Mikäli työn suorittajana on ammattitaitoinen henkilö ja tien tasausviiva on tiedossa, voidaan periaatteessa tyytyä silmämääräiseen tarkastukseen, mikäli:

1) pengerkorkeus on muutosmahdollisuudet huomioon ottaen ≥ 1.5 ...2.0 m, jolloin päällysrakenne määryytyy pengermateriaalin eikä pohjamaan mukaan

2) maalaji matalien penkereiden kohdalla on varmuudella tunnistettavissa silmävaraisesti (sora, hiekka ym)

3) kysymyksessä on laaja geologisesti yhtenäinen muodostuma (esim. rannikkoalueiden yhtenäiset tasanogot). Näillä alueilla voidaan matalienkin penkereiden alueilla tyytyä pääasiassa maalajien silmämääräisiin määrittelyksiin, ja suorittaa laboratoriossa pistokokeen luontoisia tarkistuksia. Tämäntapaisilla alueilla on maaperä

yleensä koheesio- tai välimaata (routivaa) ja pintamaan lisäksi joudutaan tutkimaan pohjamaan kantavuutta ja ottamaan siitä näytteitä.

Maaperän ollessa vaihtelevaa (esimerkiksi pehmeän ja kovan maan rajalla) voidaan koekuoppia joutua kaivamaan myös tien (tai ajoradan) keskilinjan ulkopuolelle.

Mikäli maalaji on kahdessa perättäisessä kuopassa olennaisesti erilainen, on näiden väliin tehtävä lisäkuoppia.

Koekuopista otetuista näytteistä (häiriintyneistä) määritetään silmämääräisissä tutkimuksissa maalajin nimi. Laboratorioon lähetetyistä näytteissä tutkitaan rakeisuus sekä koheesio- ja välimaalajeista lisäksi vesijuhumuspiitoisuus.

Kaikki koekuopat on sidottava tie- linjan koordinaatistoon ja niistä on pidettävä huolellista pöytäkirjaa.

Mikäli koekuoppia tutkimalla on havaittu pohjamaan olevan moreenia, eivät muut tutkimukset alueella ole enää välttämättömiä. Muilla kitka- mailla, varsinkin jos ne ovat löyhiä ja tiepenger korkea ($> 6...7$ m), on suoritettava tarkistuksen luontoisia painokairauksia maaston alimilta kohdilta. Erikoisesti on näin meneteltävä harjujen ja lajittuneiden kitkamaa-alueiden reunoilla, missä kantavan maan alla saattaa esiintyä koheesiomaata.

Mikäli ennakkotutkimuksilla on havaittu pohjamaan olevan huonosti kantavaa tai voimakkaasti kokoonpuristuvaa, edellyttää penkerein perustamissuunnitelman laatiminen ns. pehmeikkötutkimuksen suorittamista.

Tutkimuksen rungon muodostavat painokairaukset (käsi- tai moottori-käyttöiset), jotka tulevaisuudessa mahdollisesti voidaan osittain korvata puristinkairauksilla. Kairausten lähtökohta on tien keskilinja tai moottoritien ollessa kysymyksessä kummankin ajoradan keskilinja, missä kairauksia suoritetaan tavallisesti 20 m välein. Tasaisilla geologisesti yhtenäisillä alueilla voidaan käyttää harvempaa 40...60 m kairausväliä. Suhteellisen tasaisilla alueilla tutkitaan tämän lisäksi poikkileikkaukset 40 m välein. Hyvin tasaisilla alueilla riittää 80 m, kun taas vaihtelevassa maastossa esimerkiksi pehmeikköjen päissä voidaan joutua tutkimaan poikkileikkaukset 10...20 m välein.

Kairausten välin tulee poikkileikkauksissa olla 10...15 m ja ne tulee tasaisilla alueilla ulottaa 10...20 m penkereen reunan ulkopuolelle. Mikäli kova pohja tai maan pinta ovat sivukaltevia (rinteet, vesistöjen rannat ym), on ainakin tärkeimmät poikkileikkaukset tutkittava niin etäälle penkereen ylä- ja alapuolelle kuin sivukaltevuutta riittää.

Kairaukset tulee syvyys suunnassa ulottaa ns. kantavaan pohjaan (tiivisiin kitkamaakerroksiin) saakka. Mikäli pehmeikkö on erittäin syvä (> 20 m) voidaan suuri osa kairauksista päättää syvyyteen $1.5 \dots 2.0 \times B$ (B = penkereen leveys luiskien puolivälistä mitattuna). Joitakin keskilinjien kairauksia on joka tapauksessa ulotettava kovaan pohjaan saakka.

Leikkauslujuustietojen hankkimiseksi on painokairauksia keskimäärin joka 3...4 tutkimuspisteessä täydennet-

tävä siipikairauksilla. Kairaukset on pyrittävä sijoittamaan tien keskiviivalle. Mikäli painokairaukset kuitenkin osoittavat vastuksen pienenevän sivulle päin, on siipikairauksia suoritettava myös luiskan alla tai sen ulkopuolella. Siipikairauspisteet on sijoitettava painokairaustulosten perusteella siten, että leikkauslujuustiedot saadaan kohdilta, missä painokairausvastus on pienin, pengerkorkeus suurin sekä kohdilla, missä olosuhteet ovat keskimääräiset. Siipikairaukset on syvyys suunnassa ulotettava suunnilleen sille tasolle, missä painokairaus lopullisesti siirtyy kierron puolelle. Mahdolliset kovat välikerrokset on puhkaistava varovaisesti lyöden.

Tärkeimmillä työmailla (moottoritiet, valtatiet) on siipikairaukset pyrittävä suorittamaan vartavasten tätä tarkoitusta varten valmistetulla momenttimittarilla.

Maaperätietojen täydentämiseksi on kultakin pehmeiköltä otettava näytesarjoja. Rutiiniluontoisia painumakoikeita varten riittää syvyys suunnassa yleensä näyte metrin välein. Mikäli joudutaan suorittamaan esimerkiksi kolmiaksisiaalikoikeita tai halutaan tarkka kuva koko maakerroksen rakenteesta (kerrallisuudesta) on syytä ottaa jatkuva näytesarja, joissakin tapauksissa jopa kaksi rinnakkaista näytesarjaa. Näytteet on pyrittävä ottamaan koko kysymyksessä olevasta pehmeästä koheesio- tai välimaakerroksesta. Syvillä pehmeiköillä on pyrittävä ainakin 10...15 m syvyyteen.

Näytteenottokohdat on pyrittävä sijoittamaan paino- ja siipikairausten viereen joihinkin suhteellisen harvoi-

hin pisteisiin. Suppeilla 300...400 m pituisilla pehmeiköillä riittää yleensä kaksi näytesrajaa, yksi pehmeikön syvimältä kohdalta ja yksi läheltä sen päätä. Pitkiltä pehmeikköalueilta on näytteitä otettava maaston tasaisuudesta riippuen 200...400 m välein.

Kestopäällysteisillä teillä tulisi kaikki näytteet pyrkiä ottamaan häiriintymättöminä. Pitkillä tasalaatuisilla pehmeiköillä tästä voidaan tinkiä ja ottaa osa näytteistä häiriintyneinä. Alempiluokkaisilla puolikestopäällyste- tai sorateilla voidaan periaatteessa yleensä kaikki näytteet ottaa häiriintyneinä. On kuitenkin huomattava, ettei häiriintymättömien näytteiden otto nykyisillä kalustoilla ole sanottavasti vaikeampaa tai kalliimpaa kuin häiriintyneiden. Tällöin on suositeltavaa ottaa näytteet häiriintymättöminä.

1.234 LOPULLISET PATOPENKE- REIHIN LIITTYVÄT KENTTÄTUTKIMUKSET

Patopenkereiden pohjiin kohdistuvien tutkimusten avulla pyritään saamaan mahdollisimman täydellinen kuva kaikista padon alle jäävistä maakerroksista sekä pehmeistä että kovista kallio mukaan luettuna. Erikoisesti joudutaan kiinnittämään huomiota niiden vedenläpäisevyyteen.

Pohjamaan ollessa paljasta tai ohuen irtomaakerroksen peittämää kal-liota, missä lohkosuunta tai ruhjeet kulkevat poikittain patolinjaan nähden, joudutaan injektointitarpeen selvittämiseksi usein suorittamaan ti-manttikairauksia, joiden yhteydessä tutkitaan kallion laatu, lohkoisuus tai

ruhoituneisuus ja vedenläpäisevyys. Kairausten paikan ja suunnan määrää kussakin tapauksessa erikseen kallio-mekaniikkaan perehtynyt henkilö.

Maaperän ollessa kantavaa kitka-maata on päähuomio kiinnitettävä sen vedenläpäisyominaisuuksiin ja varsin kin lajittuneiden kerrosten toteami-seen. Jos kysymyksessä on moreeni, sen vedenläpäisevyys on yleensä riit-tävän alhainen (mahdollisesti peseyty-nyttä pintakerrosta lukuun ottamatta), eikä sen alla ole enää odotettavissa lajittuneita läpäiseviä maakerroksia (rikkonaista kalliota lukuun ottamat-ta). Pääosan tutkimuksista muodosta-vat tällöin maalajin toteamiseksi kä-sin, traktorikaivurilla, kaira-autolla tai maaputkikalustolla padon keskiviivalla 40...60 m välein kaivettavat n. 2m syvyiset koekuopat. Kustakin kuopasta otetaan näyte laboratoriotutkimuksia varten. Mikäli moreenin koostumuksessa on syvyyssuunnassa vaihtelua, tulee näyte ottaa jokaisesta erityyppisestä kerroksesta. Keskimäärin joka toisessa tai kolmannessa koekuopassa on suoritettava vedenläpäisevyysmittauksia luonnontilaisen maapohjan läpäisevyyden tutkimiseksi (ks. osa I kohta 4.73).

Mikäli maaperän laatu muuttuu perättäisten koekuoppien välillä, on niiden väliin kaivettava lisäkuoppia. Samoin on kuoppia kaivettava keskiliin-jan sivuille, mikäli maaperässä on odotettavissa vaihteluita patolinjan poikkisuunnassa.

Mikäli ennakkotutkimusten perusteella on aihetta olettaa kalliopinnan olevan lähellä maanpintaa (alle 4...5 m), on sen asema ja laatu

tarkastettava joissakin pisteissä ko. maaperään sopivalla kairausmenetelmällä.

Pohjamaan ollessa lajittunutta kitka-maata muodostavat näytteenottokairaukset pääosan kenttätutkimuksista. Suuri osa näytteistä voidaan ottaa koekuopista kuten moreenimaillakin. Niiden ohella on kuitenkin suoritettava näytteenottokairauksia esim. maaputkikalustolla tai erilaisilla syväkairoilla siten, että saadaan selvyys kaikista padon alle jäävistä irtomaakerroksista. Vedenläpäisykokeita on suoritettava sekä koekuopista että kairareijistä.

Näytteenottokairausten paikat on määrättävä kussakin tapauksessa erikseen alustavien tutkimusten ja koekuoppien perusteella.

Mikäli kallio on välittömästi lajituneiden maakerrosten alla ja siinä voidaan olettaa olevan patolinjaan nähden poikittaista rakoilua, on sen laatu tutkittava joillakin timanttikairauksilla. Mikäli se on moreenikerroksen peittämä (kuten tavallisesti) ei tämä ole välttämätöntä.

Pohjamaan ollessa väli- tai koheesiomaata tutkitaan pengeralusta samoja periaatteita noudattaen kuin korkealuokkaiset tiepenkereet.

1.235 LABORATORIO-TUTKIMUKSET

Tiepenkereen alusta. Tiepenkereen pohjasta koekuopista otetut häiriintyneet maanäytteet toimitetaan piirikonttorin keskuslaboratorioon, missä niistä tutkitaan routivuus- ja kantavuusluokan määrittämiseksi rakeisuus

ja vesi- sekä (mahdollinen) humuspitoisuus. Mikäli joltakin geologisesti yhtenäiseltä alueelta on otettu paljon samanlaisia maanäytteitä, ei kaikkien niiden seulominen ole välttämätöntä, vaan maalaji voidaan pistokokeen luontoiisiin tarkistuksiin perustuen määrittää silmämääräisesti. Näytetutkimustuloksien yhteenveto voidaan esittää kuvassa 10 esitetyllä lomakkeella.

Pehmeikkötutkimusten yhteydessä otetuista näytteistä tulee tutkia:

- 1) rakeisuus,
- 2) vesipitoisuus,
- 3) humuspitoisuus,
- 4) hienousluku,
- 5) häiriintyneen näytteen kartio-kokeet; sen lisäksi
- 6) kartiolujuus,
- 7) sensitiivisyys,
- 8) kokoonpuristuvuus,
- 9) konsistenssirajat, mikäli näytteet ovat häiriintymättömiä.

Nykyisen käytännön mukaan tutkitaan häiriintyneet näytteet piirikonttorin keskuslaboratoriossa ja ne häiriintymättömät näytesarjat, joista halutaan määrittää kokoonpuristuvuus, maatutkimustoimistossa. Näiden näytesarjojen valinta voidaan edullisemmin suorittaa yhteistoiminnassa maatutkimustoimiston edustajan kanssa.

Edellä mainitut tutkimukset suoritetaan rakeisuus- ja kokoonpuristuvuustutkimuksia lukuun ottamatta syvyysuunnassa säännöllisin 0.5 tai 1.0 välein. Kokoonpuristuvuus- ja rakeisuus- tutkimuksiin valitaan näytteet muiden tutkimusten perusteella siten, että ne edustavat näytesarjan erilaisia osia. Ei ole syytä tutkia samasta

[illegible]

Kuva 10:
Näytteiden tutkimustulosten yhteenvetolomake, tvh 2.533.

reistä monta esimerkiksi vesi- ja humuspitoisuudeltaan samanlaista näytettä.

Poikkeustapauksissa voidaan esimerkiksi voimakkaan sivukaltevissa maastokohdissa joutua suorittamaan vakavuuslaskelmia varten myös kolmiakσιαalikokeita. Kysymykseen tulevat tällöin CU-kokeet mahdollisesti joillakin CD-kokeilla täydennettynä (ks. kohta 1.223).

Konsistenssirajojen tutkiminen ei maassamme ole ollut kovin yleistä (korvattu hienousluvulla). Korkealuokkaisten teiden pohjia tutkittaessa niiden määrittäminen olisi kuitenkin toivottava ainakin niissä näytteenotto-pisteissä, missä suoritetaan kokoonpuristuvuuskokeita.

Monissa tapauksissa on hyödyllistä valokuvata kuivat tai puolikuivat näytteet myöhempiä tarkasteluja varten.

Padot. Patopenkereiden perusmaasta otetuille näytteille suoritetaan seuraavin poikkeuksin periaatteessa samoja laboratoriotutkimuksia kuin tienpenkereiden alta otetuille näytteille:

1) Kitkamaanäytteistä on suoritettava vedenläpäisy tutkimuksia myös laboratoriossa. Tutkittavat näytteet on valittava siten, että tietoja saadaan kaikista padon alta tavatuista maa-kerroksista.

2) Vakavuuslaskelmia varten joudutaan usein määrittämään pohjamaan leikkauslujuusparametrit, c' ja ϕ' . Kitkamaan ollessa kysymyksessä voidaan määritykset suorittaa joko kolmiakσιαali- tai leikkauskojeella (CD-koe). Koheesio- tai välimaalajeille soveltuvat parhaiten kolmiakσιαalikokeet (CU-

kokeet mahdollisesti CD-kokeilla täydennettynä). Laskelmien avulla voidaan tarkistaa sekä työnaikaista että käytön (jatkuva suoto) aikaista vakavuutta. Laskelmat edellyttävät huokosvedenpaineen mittauksia yhdessä tai useammassa poikkileikkauksessa sekä työn aikana että sen jälkeen (käyttötila).

1.236 TULOSTEN ESITTÄMINEN

Kenttä- ja laboratoriotutkimuksista on pidettävä kirjaa ja tulokset on esitettävä diagrammoina osassa I, kohta 5 osoitetulla tavalla.

Suunnittelua ja rakentamista varten on tielinjan pehmeikkökohdilta ja patolinjoilta valmistettava:

- 1) kartta,
- 2) pituusleikkaus,
- 3) poikkileikkaukset tutkituilta kohdilta.

Kartasta, joka tavallisesti piirretään mittakaavaan 1:500...1:1000 (tasaisilla alueilla 1:2000) tulee ilmetä maan pinnan muodot, suunnitellun penkereen sijainti, kaikkien tutkimuspisteiden asema karttamerkintöinä, valtaojat, ym. asian käsittelyyn vaikuttavat seikat.

Pituusleikkaus piirretään tavallisesti mittakaavaan 1:500...1:1000 vaaka-suorassa suunnassa sekä 1:200 pysty-suorassa suunnassa. Siinä tulee esittää keskilinjalla suoritettujen maaperätutkimusten tulokset sen laajuisina kuin se piirustusteknillisesti on mahdollista. Kaksiajorataisilla teillä piirretään pituusleikkaukset kummankin ajoradan keskiviivan kohdalta.

Poikkileikkaukset piirretään mitta-kaavaan 1:200 (poikkeuksellisesti 1:100). Vaaka- ja pystymittakaavojen tulee aina olla yhtäsuuria. Poikkileikkauksiin tulee aina piirtää kaikkien ko. leikkauksessa suoritettujen kenttätutkimuksien tulokset. Laboratoriotutkimuksien tuloksista esitetään kartiolujuudet sekä tavallisesti vesipitoisuudet ja hienousluvut. Mikäli häiriintymättömistä näytteistä suoritetaan lukuisia erilaisia määrytyksiä, ei niiden kaikkien esittäminen poikkileikkauspiirustuksissa (tai pituusleikkauksessa) ole piirustusteknillisesti mahdollista. Tulokset on tällöin esitettävä käyrinä ja taulukoina erillisissä yhtenäisissä liitteissä.

Esimerkkeinä pehmeikkötutkimuksien esittämisestä kuvat 11 ja 12.

1.24 RAKENNUSMATERIAALIEN OTTOPAIKKOJEN TUTKIMUKSET

Rakennusmateriaaleja otetaan sekä maa- että kallioperästä. Kun kivennäismaalajeja käytetään materiaalina runsaimmin, käsitellään tässä yhteydessä lähinnä näiden esiintymiin liittyviä selvityksiä. Lopussa on esitetty myös lyhyt yhteenveto kallioperämuodostumiin liittyvien materiaalinottoapaikkojen tutkimuksista.

1.241 MAA-AINESTEN OTTO- PAIKKOJEN TUTKI- MUKSET

Ottopaikan etsiminen

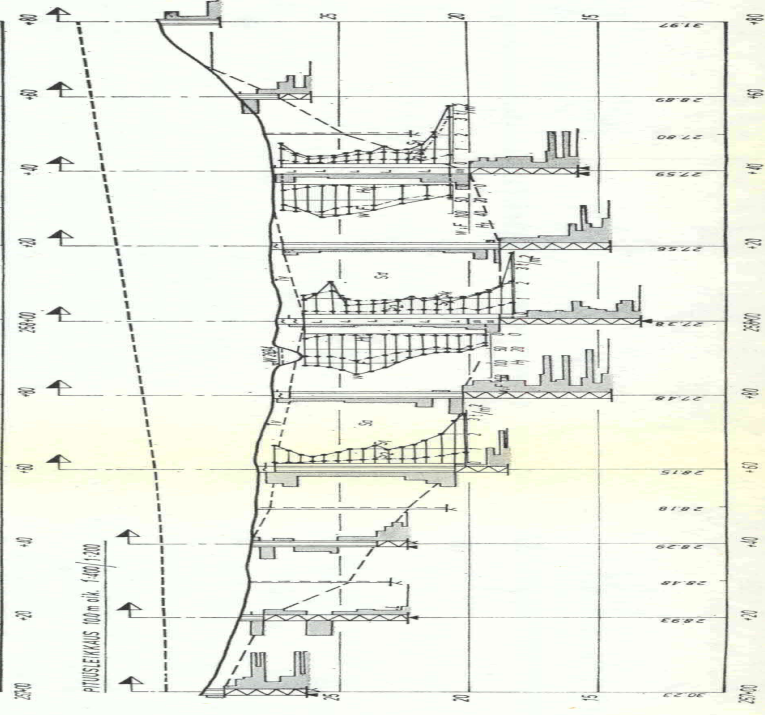
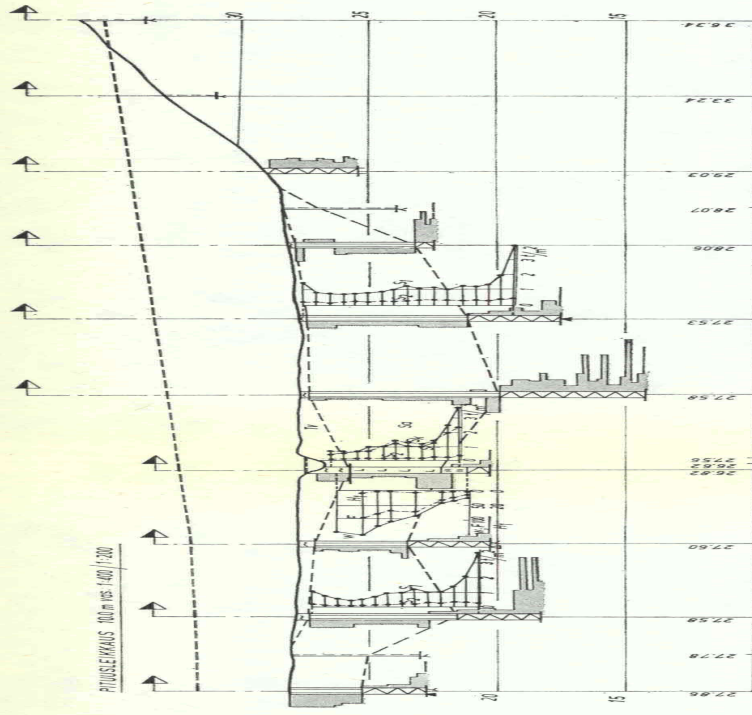
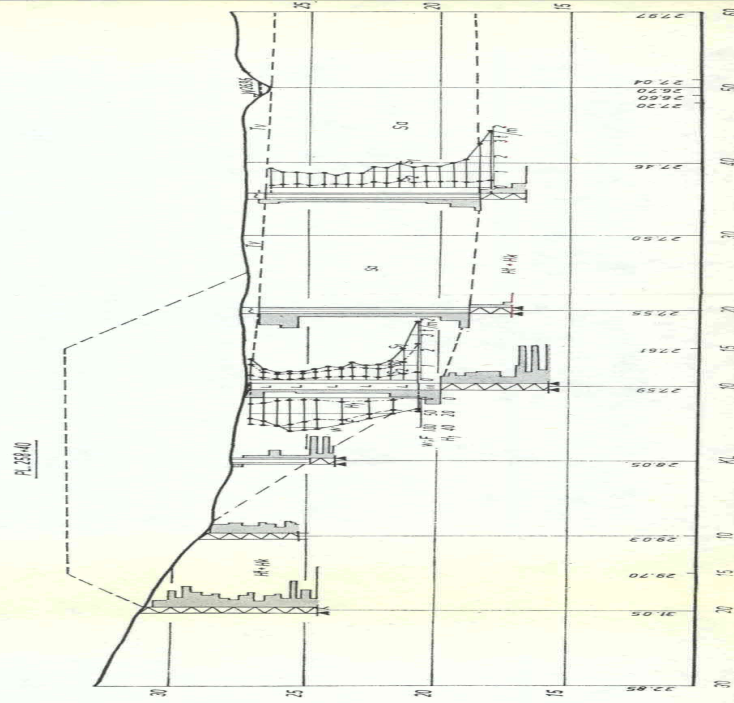
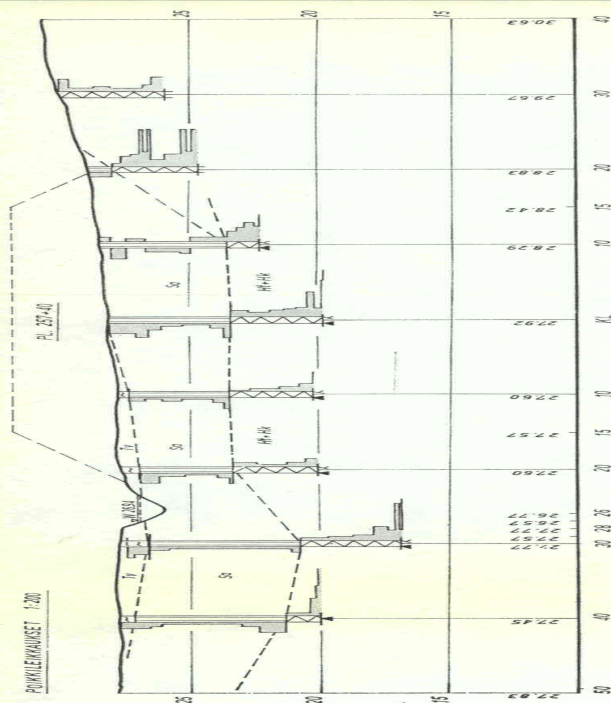
Maanottoapaikkoja valittaessa on kiinnitettävä huomiota, paitsi kulloin-

kin tarvittavan materiaalin laatuun, myös mahdollisten ottopaikkojen sijaintiin tarvekohteisiin nähden. Ennen kuin alustavia tutkimuksia esiintymien paikallistamiseksi ruvetaan suorittamaan, on ainakin likimäärin tunnettava erilaisten massojen tarve ja niiden laatuvaatimukset. Jo selvittelyn alkuvaiheessa on hankittava tiedot alueella jo tutkituista ja/tai käyttöön varatuista esiintymistä. Mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on maanottoapaikkoja valittaessa kiinnitettävä huomiota luonnonsuojelunäkökohtiin. Tuleva maanottoapaikka on pyrittävä sijoittamaan siten, ettei se sanottavasti pilaa maisemaa.

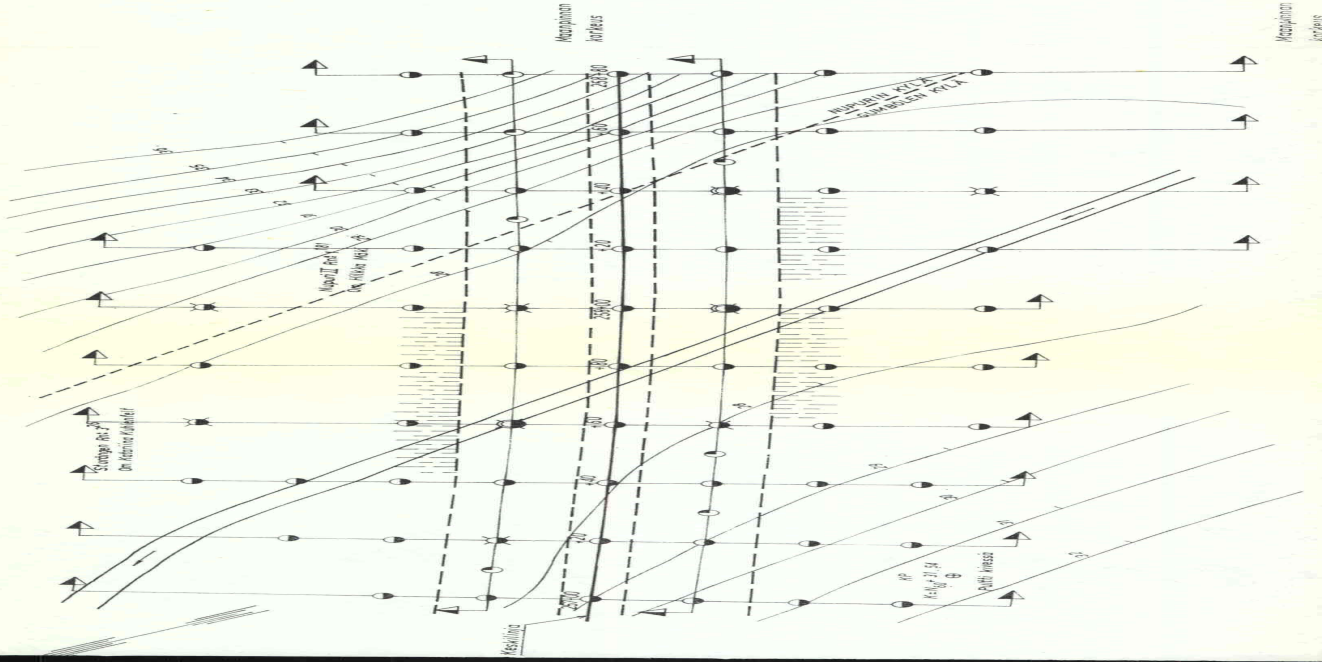
Maalajiesiintymien paikallistamisessa käytetään hyväksi geologista kartta-aineistoa, joka mittakaavasta ja kartoitustyön luonteesta riippuen voi antaa ainakin viitteellisiä havaintoja kysymykseen tulevista maalajiesiintymistä.

Maaston luonnolliset ja keinotekoiset pinnanmuodot, kasvillisuus- ja kos-teussuhteet kuvastavat maaperän laatua ja rakennepiirteitä ja tekevät mahdolliseksi monissa tapauksissa — erityisesti hiekkaisten maalajimuodostumien ollessa kyseessä — varsin yksityiskohtaisenkin maaperätulkinnan suorittamisen. Em. geologisen karttamateriaalin saannista riippumatta alustavissa maaperänarvioinneissa on aina edullista käyttää peruskarttoja sekä stereopeitteisiä ilmakuvia.

Karttapohjaisia tutkimuksia täydennetään maastotarkasteluin, joiden yhteydessä määritellään lähemmin tutkitavien kohteiden pintamaalajisuhteet, kalliopaljastumat (jotka esim. peruskar-



KARTTA PÄÄNKOHTAVALJA 1:500



toista yleensä ilmenevät vain osittain) sekä suoritetaan havaintoja pohjaveden pinnan korkeudesta ja alueen kuivatusmahdollisuuksista. Maastossa käyntien yhteydessä suoritettavat paikallisen väestön haastattelut saattavat useissa tapauksissa antaa arvokkaita vihjeitä materiaalipaikkojen sijainnista.

Tapauksissa, joissa pintamaalajisuhteiden perusteella saatu kuva esiintymän laadusta jää epävarmaksi, suoritetaan muutamissa valituissa pisteissä kairauksia kerrossuhteiden selvittämiseksi.

Alustavien tutkimusten yhteydessä on myös syytä pyrkiä selvittämään jatkotutkimuksille soveliaiden kohteiden osalta maanomistussuhteet ja tämän puolesta edellytykset maanottoon. Samalla hankitaan tarvittavat luvat jatkotutkimusten suorittamiseen.

Kartoitus

Lähemmin tutkittavan esiintymän alue kartoitetaan mittakaavaan 1:500 ... 1:1 000. Kartasta tulee ilmetä:

- maaston korkeussuhteet
- rakennukset
- tiet ja polut
- kasvipeitteen laatu
- alueella jo mahdollisesti olevat avatut kuopat
- sähkö- ym. linjat ja pyykkit
- mahdolliset kairauspisteet
- kalliopaljastumat ja pohjaveden korkeushavaintopaikat (kaivot, lähteet, pohjavesilammikot)
- muut alueen kuvaan oleellisesti liittyvät seikat.

Kartoituksen linjatiheys määräytyy maaston muodoista sekä siitä, miten

tarkasti maamassat pyritään inventoimaan. Kartoituslinjoja suunniteltaessa olisi otettava huomioon niiden hyväksikäyttömahdollisuudet jatkotutkimuksissa.

Maastotutkimukset

Maapeitteen paksuus ja likimääräinen koostumus voidaan, erityisesti paksujen kitkamaalajimuodostumien ollessa kyseessä, selvittää usein edullisimmin seismisin tutkimusmenetelmin.

Seismiset tutkimuslinjat sijoitetaan esim. harjumuodostumissa yleensä niiden pituusakselin suuntaan. Seismistä tutkimuksista saatuja tuloksia käytetään hyväksi muilla menetelmillä tutkittavien linjojen ja pisteiden määrittelyssä.

Kullakin jatkotutkimuksiin valitulla tutkimuslinjalla on edullista ensin suorittaa pintaan saakka ulottuvien maalajien tutkimus siten, että leikkaukseen voidaan merkitä ne kohdat, joissa maalaji maanpinnassa muuttuu toiseksi. Sen jälkeen valitaan yksi tai kaksi alueelle luonteenomaista leikkausta, joissa pyritään selvittämään maaperän rakenne mahdollisimman tarkasti. Tutkimuspisteiden valinnassa on tällöin syytä ottaa huomioon maalajien maanpinnalla olevat vaihtumispisteet ja alueen yleinen topografia eikä pyrkiä tasaväliseen kairauspisteistöön. Kun maaperän kerrosjärjestys ja maakerroksien laatu on yhdessä leikkauksessa selvitetty, voidaan muitten leikkausten tutkimuspisteet valita siten, että kerrosjärjestys selviää huomattavasti pienemmällä määrällä tut-

kimuspisteitä kuin ensimmäisellä tarkasti tutkitulla linjalla. Tutkimuksissa on myös selvitettävä pohjaveden pinnan taso.

Tutkimusmenetelmien valintaan vaikuttavat ratkaisevimmin maaperätekijät. Rakennusmateriaalin laadun selvittely laboratoriotutkimuksin muodostaa tärkeän osan materiaalin ottopaikkojen tutkimuksista. Siksi on pyrittävä mahdollisuuksien mukaan kairausmenetelmiin, joita käytettäessä saadaan samalla maanäytteet.

Kerrosvahvuudeltaan todennäköisesti pienissä esiintymissä, jollaisia mm. useimmat moreenimuodostumat ja matalien hiekkasoramaa-alueiden pohjaveden pinnan yläpuolella olevat osat edustavat, on usein taloudellisin ja luotettavin menetelmä koneellinen koekuoppien kaivu. Kivettömissä hiekkamaalajeissa voidaan koekuoppien kaivun ohella tai erikseen suorittaa kairauksia sekä ottaa näytteitä esim. kierre-, lapi-, täry- tai heijarikairalla.

Mikäli kairauksin halutaan selvittää paksujen kitkamaalajiesiintymien kerrossuhteita, joudutaan yleensä käyttämään raskasta kairauskalustoa. Jos maaperän rakenne on löyhä ja kivisyysprosentti pieni, voidaan käynti- tai tärykairauksella toisinaan kyllä saada käyttökelpoisia tuloksia. Tavallisimmin joudutaan kuitenkin turvautumaan heijarikairaukseen. Raskaan kaluston käyttö (maaputkikairaus, paineilmakairaus, timanttikairaus) tulee kysymykseen silloin, kun paksuista kerrostumista halutaan saada mahdollisimman edustavat maanäytteet.

Hienojakoisissa muodostumissa, joissa useimmiten vain pintaosien tutki-

mus tulee kysymykseen, käytetään tavallisimmin kierre- tai lapiokairaa.

Maanottopaikoilta näytteet tulisi ottaa sellaisina sarjoina, että niiden perusteella voidaan saada kuva sekä sarjan erityyppisistä osista että käytännön maanotossa kulloinkin kysymykseen tulevan leikkauksen kokonaiskoostumuksesta.

Koekuopista ja muista leikkauksista otetaan seinämien puhdistuksen jälkeen tavallisimmin yhtäjaksoinen uranäyte osan I kohdassa 4.4 esitettyjen tarkempien ohjeiden mukaisesti.

Sorakuopasta, jonka rintausta on soratunut ja josta soranajo on käynnissä, on paras tapa saada näyte ottamalla soraa näytepussiin auton lavalta kuorman eri osista.

Jos kuopasta ei ajeta soraa ja sen korkea sortunut rintausta on vaikea puhdistaa, on näytettä otettava vyöryneestä rintauksesta useista eri kohdista ja korkeuksilta mahdollisimman syvältä, jotta kauan pinnassa ollutta, peseytynyttä ainesta ei tulisi mukaan. Osanäytteet kerätään joko kaikki samaan pussiin tai laatikkoon, jolloin ne sekoitetaan vasta laboratoriossa tai ne kootaan sopivaan kohtaan kuopan pohjalle, sekoitetaan siinä ja otetaan seoksesta edustava näyte. Näytteen koko määräytyy osan I kohdassa 4.4 esitetyn säännön mukaisesti. Näytettä otettaessa määritellään tai arvioidaan kivisyys- ja lohkareisuusprosentti.

Käytössä olevien soranottoapaikkojen kivisyysprosentti voidaan helposti arvioida siten, että seurataan monenko seulotun sorakuorman jälkeen seulontajätteistä on kerääntynyt kivi-kuorma. Mikäli tätä mahdollisuutta

ei ole, suoritetaan koeseulonta (1... 2 m³ maa-ainesta) osan I kohdassa 4.4 esitetyllä seulasarjalla.

Laboratoriotutkimukset

Laboratoriossa tutkitaan maanäytteiden rakeisuus sekä usein myös vesipitoisuus. Mikäli halutaan selvittää materiaalin kelpoisuus betonisoraksi, on lisäksi määritettävä näytteiden humus- ja lietepitoisuudet. Savinäytteistä tutkitaan usein (käyttötarkoituksesta riippuen) niiden konsistenssirajat. Mahdollisen maapatomateriaalin ollessa kysymyksessä on välttämätöntä selvittää näytteiden vedenläpäisevyys sekä tiivistymisominaisuudet (Proctor-koe).

Maalajimäärien laskeminen ja tulosten esittäminen

Kun maaperän laatu kaikissa tutkimuspisteissä on selvitetty, piirretään alueen geologista rakennetta kuvaavat leikkaukset osan I kohdassa 5, esitetyjä maalajimerkintöjä käyttäen oikein mallipiirustuksen tapaan (kuva 13). Leikkausten perusteella määritetään sitten sen alueen laajuus, jolta edullisimmin saadaan tarvittavaa maalajia. Halutun aineksen määrän selville saamiseksi mitataan leikkauksista tavalliseen tapaan ko. pinta-alat ja vierekkäisten leikkausten pinta-alojen keskiarvot kerrotaan leikkausten etäisyydellä. Täten saadut leikkausten väliset massamäärät lasketaan yhteen. Tällöin on muistettava, että tulevan soranottoaikan luiskatappio (luiskat 1:2) on otettava huomioon laskuissa. Samoin on otettava pohjaveden pinta

kerrosten alarajaksi, ellei maalajia aiota ottaa laahakauhalla tms. veden alta. Tämän jälkeen voidaan kartalle rajoittaa se alue, jolta ilmoitetut määrät haluttuja maalajeja on saatavissa. Piirustuksessa esitetään yhteenvetona leikkauksissa käytettyjä merkintöjä vastaavien maalajien määrien ja laadun sekä kelpoisuuden selostus.

Nykyisin on massojen laskenta edullisesti suoritettavissa tietokoneella varsinakin suurien kohteiden ollessa kysymyksessä.

1.242 KIVIAINESTEN OTTOPAIKKOJEN TUTKIMUKSET

Maastotutkimukset

Kallioperästä saatavan kiviaineksen ottopaikat liittyvät useimmissa tapauksissa erilaisten rakennustöiden yhteydessä louhittaviin kohteisiin. Tällöin kiviaineksen ottopaikka on jo määritynyt muiden näkökohtien perusteella ja selvitettäväksi jää laboratorio- tutkimuksin lähinnä louhittavien materiaalien käyttökelpoisuus.

Kallioperän kiviainesta louhitaan yhä enenevässä määrin myös suoranaista materiaalin saantia ajatellen. Materiaalin ottopaikkojen valinta ja niihin liittyvät tutkimukset riippuvat rakennusaineikselle kulloinkin asetettavista laatuvaatimuksista (ks. osa V), jotka on selvitettävä ennen tutkittavien alueiden määrittelyä.

Rakennusmateriaalin ottoon soveltuvien kivilajiesiintymien paikallistamiseksi tutkitaan aluksi kohdealueelta saatavissa oleva kallioperäkartta-aineisto. Perus- ja/tai ilmakuvakarttoja käyttäen valitaan kallioperän puolesta

kysymykseen tulevilla alueilla ne osat, joissa kallioperän muotojen ja korkeussuhteiden puolesta on riittävät edellytykset avolouhinnan suorittamiseen.

Ensimmäisen maastotutkimusvaiheen muodostaa aina kallioperäkartoitus (osa I kohta 4.13), jonka puitteissa määritellään mahdollisimman tarkoin kivilajijakautuma sekä suoritetaan rakenteelliset havainnot. Mikäli kelvollisia kivilajeja todennäköisesti esiintyy tarvetta vastaavia määriä, otetaan paljastumista näytteet, joiden tulee edustaa kaikkia kalliomassassa yleisesti esiintyviä kivilajinmuunnoksia. Varsinaista kivilajinmäärittelyä varten on paljastumasta vasaralla lohkaistu näyte (koko n. $5 \times 5 \times 10 \text{ cm}^3$) yleensä riittävä. Mikäli kallioperä on anisotrooppista (esim. juovaisuus, liuskeisuus, kerroksellisuus), näytteen pituussuunta olisi valittava siten, että kiven rakenteesta saadaan mahdollisimman monipuolinen kuva. Mahdollisesti tarvittavat mineralogiset tutkimukset suoritetaan laboratoriossa polarisaatiomikroskoopilla. Fysikaalisten ominaisuuksien tutkimiseksi paljastumasta irroitetaan tavallisesti räjäyttämällä (mahdollisimman pieniä panoksia käyttäen) lohkaraita, joista vasaralla lohkaistaan tyypillisintä koostumusta vastaava näytemateriaali, (ks. tarkemmin osa II kohta 2.11). Näytteeseen ei pidä ottaa mukaan kallion rapautunutta pintaosaa. Näytteenottomakkeisiin ja karttoihin merkitään tarkasti näytteenottopaikat, -syvyydet ja -menetelmä.

Mikäli massojen määrää tai laatua halutaan selvittää edellistä yksityis-

kohtaisemmin, joudutaan tavallisimmin turvautumaan sydännäytekairaukseen sekä kartoittamaan alue mahdollista massalaskentaa varten.

Laboratoriotutkimukset

Kiviainesnäytteistä määritetään laboratoriossa tavallisimmin seuraavat ominaisuudet: kivilaji, ominaispaino, muotoarvo, haurausarvo ja Los Angeles-luku.

Tulosten esittäminen

Tutkimustuloksina esitetään:

- kallioperäkartta 1:500...1:1000 näytteenottopisteineen ja tektonisine havaintoineen,
- syväkairausprofiilit,
- laboratoriotutkimustulokset,
- laskelmat saatavissa olevista massoista.

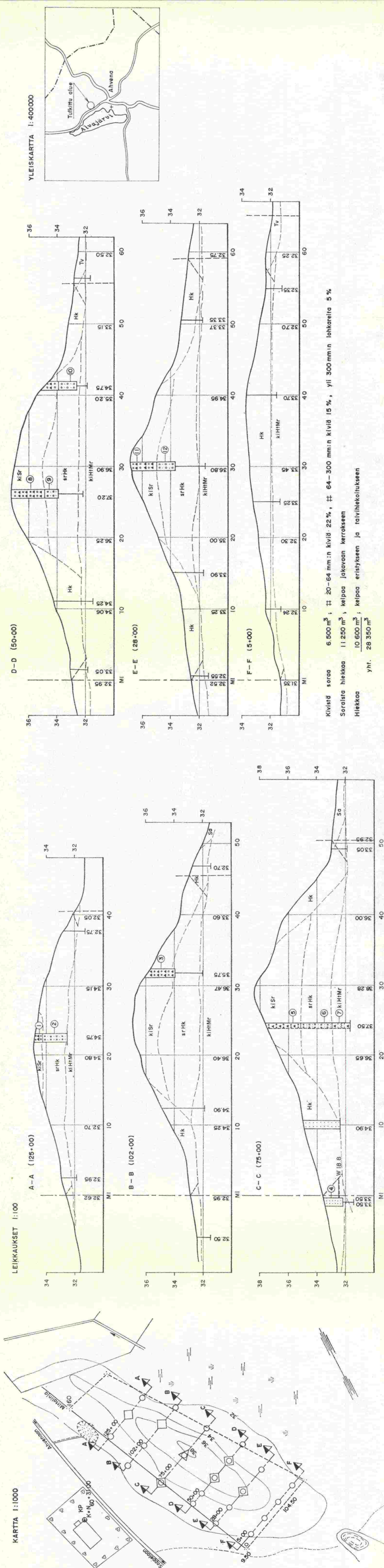
1.25 LÄJITYSALUEIDEN TUTKIMINEN

Leikkaustöiden yhteydessä syntyville ylijäämämassoille on varattava sopivia läjitysalueita ellei ko. massoja voida käyttää hyväksi esim. maisemanhoidollisiin toimenpiteisiin tien tms. rakenteen välittömässä ympäristössä. Läjitysalueita etsittäessä ja tutkittaessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikoihin:

1) Läjitysalueen tulee olla mahdollisimman lähellä leikkauspaikkaa, mieluiten välittömästi leikkauksen päällä siten, ettei välikuljetuksia tarvita.

2) Läjitysalueelle on pystyttävä rakentamaan mahdollisimman halvalla tarpeelliset työmaatiet.

Kuva 13:
Rakennusmateriaalin ottoaikain tuki-
mus.



3) Leikkausmassojen kuljetusta pitkin vilkkaasti liikennöityjä teitä tai asutuskeskusten läpi tulisi välttää.

4) Läjitysalueen tulisi olla pohjaltaan mahdollisimman kantavaa.

5) Maa häiriintyy leikkaustöiden yhteydessä, jolloin sillä on usein taipumus läjitettäessä valua. Tämän vuoksi olisi koheesio- ja välimaalajeja läjitettäessä pyrittävä hakemaan sellaiset läjitysalueet, missä maan pinnanmuodostus estäisi valumisen leviämisen alueen rajojen ulkopuolelle.

6) Läjitysalueet on pyrittävä kätke-
mään maastoon tai hoitamaan siten, etteivät ne rumenna maisemaa.

Kitkamaaleikkauksissa voidaan mas-
sat tavallisesti turvallisesti läjittää suo-
raan leikkauksen päälle. Koheesio- tai
välimaalajeilla on tämä selvitettävä
kussakin tapauksessa erikseen leik-
kauksen vakavuutta tutkittaessa.

1.251 MAASTOTUTKIMUKSET

Mikäli leikkausmassoja ei voida lä-
jittää välittömästi leikkauksen sivuun,
on niille haettava kaatopaikat työ-
alueen ulkopuolelta. Työ suoritetaan
tavallisesti kolmessa vaiheessa:

1) sopivien paikkojen etsiminen
kartoilta. Apuna voidaan käyttää ilma-
kuvia, joiden avulla saadaan alustavia
tietoja sekä maaperästä että sen pin-
nanmuodoista

2) ennakolta valittujen kohteiden
silmävarainen tarkastus. Maaperätieto-
jen hankkimiseksi tai tarkistamiseksi
voidaan suorittaa matalien koekuop-
pien kaivua

3) *varsinaiset maaperätutkimukset*.

Läjitysalueiden maaperätutkimukset
voidaan suorittaa samalla tiheydellä
kuin alustavat tutkimukset tiepenke-
teiden alla, vain suhteellisen har-
voissa erikoistapauksissa ovat tar-
kemmat tutkimukset välttämättömiä
(kohta 1.23).

Varsinaiset maaperätutkimukset kä-
sittävät läjitysalueen pinnan vaaituk-
sen (tärkeimmissä töissä) 20 m ruu-
dukoon, sekä koekuoppien kaivua
maaperän laadun selvittämiseksi var-
sinkin alueen alavimmilla osilla sekä
työmaateiden alla. Mikäli pohjamaan
havaitaan olevan kitkamaata, ei muita
tutkimuksia tarvita. Koheesio- ja väli-
mailla sen sijaan ovat lisätutkimukset
yleensä tarpeellisia. Niiden laatu ja
laajuus riippuu pohjamaan pehmey-
destä, suunnitellusta läjityskorkeudesta
sekä alueen ulkopuolelle suuntautuvan
sortuman mahdollisuudesta ja sen seu-
rauksista. Tavallisesti riittävät paino-
kairaukset alueen alavimmilla kohdil-
la. Epäilyttävissä tapauksissa on niitä
täydennettävä siipikairauksilla ja (häi-
riintyneillä) näytesarjoilla. Kairaukset
on järjestettävä siten, että niiden
avulla voidaan tutkia leikkauksia
alueen jyrkimmän kaltevuuden suun-
taan. Näin on meneteltävä varsinkin
alueen reunoilla silmällä pitäen ulos-
päin tapahtuvia sortumia. Tutkimuk-
set on ulotettava tasaisilla alueilla
10...20 m alueen ulkopuolelle. Mi-
käli maanpinta tai kova pohja viet-
tävät alueelta pois päin, on joitakin
leikkauksia tutkittava jyrkimmän vie-
ton suuntaan niin pitkälle, kuin kal-
tevuutta riittää.

Läjitysalueen oman maaperän lisäksi
on tärkeätä tuntea myös *läjitettävän*

maan laatu, varsinkin jos on kysymyksessä koheesio- tai välimaalaji. Tärkeimmät huomioon otettavat ominaisuudet, jotka yleensä selvitetään jo leikkaustutkimusten yhteydessä ovat:

- 1) konsistenssirajat
- 2) luonnollinen vesipitoisuus
- 3) sensitiivisyys
- 4) leikkauslujuus
- 5) rakeisuus.

Suunniteltujen *työmaateiden* kohdalla ei yleensä ole tarpeellista suorittaa kairauksia. Sen sijaan on pohjamaan laadun tunteminen ainakin silmävaraisesti tärkeätä mahdollisten vahvistustoimenpiteiden suunnittelua varten (sorastus, kalkkistabilointi, jäädytys ym). Tämä tapahtuu koe-kuoppia kaivamalla.

1.3 Eri kohteiden erikoistutkimukset

1.31 SILLAT JA RUMMUT

1.311 YLEISIÄ NÄKÖKOHTIA SILTOJEN JA RUMPUJEN SIOITTELUSSA

Teitä suunniteltaessa on siltojen ja rumpujen sijoitteluun kiinnitettävä erikoista huomiota, sillä niiden kokonaiskustannuksissa on suuria vaihteluja perustamistavasta riippuen, ja toisaalta ne muodostavat huomattavan osan tien kokonaiskustannuksista. Siltapaikan valintaan vaikuttaa mm., onko kysymyksessä vesistösilta, risteyssilta, ylikulkusilta, ylikulkukäytävä, alikulkusilta tai alikulkukäytävä sekä maaperä- ja pohjavesisuhteet.

Vesistö sillan sijoittelussa tulee kysymykseen yleensä joko sillan sijoittami-

1.252 TULOSTEN ESITTÄMINEN

Läjäytys suunnitelmaa varten piirretään alueesta tärkeimmissä tapauksissa korkeuskäyrillä varustettu kartta mitataakseen 1:500 tai 1:1 000. Siinä tulee näkyä kaikki alueelta tehty kairaukset ja koekuopat. Kairauksista piirretään leikkaukset samoja periaatteita noudattaen kuin mitä on esitetty kohdassa 1.236 leikkaus- ja pengertutkimusten yhteydessä. Lopullisessa suunnitelmassa esitetään tavallisesti suunnitelmakartalla (1:2 000 ... 1:1 000) vain alueen rajat, läjäytyskorkeudet, läjäytystilavuus sekä mahdolliset työmaatiet. Mahdolliset täyttöä koskevat lisäohjeet esitetään tavallisesti työselityksessä.

nen entisen uoman kohdalle tai sen läheisyyteen, jolloin joudutaan kaivamaan uutta uomaa. Jälkimmäinen vaihtoehto on usein edullinen toteutettavaksi silloin, kun entinen uoma on mutkainen. Pienissä silloissa ja erityisesti rummuissa ojajärjestelyineen on kiinnitettävä kuitenkin huomiota myös maanomistussuhteiden vaikutukseen sillan tai rummun sijoittelussa. Mikäli sillan sijoittaminen on mahdollista vain entisen uoman kohdalle, rajoittuvat yleiset näkökohdat sillan sijoittelussa yksinomaan eri vaihtoehtojen tarkasteluun perustamissuhteiden kannalta.

Kahden tien risteys sillan sijoittelussa on maaperäsuhteilla erittäin merkittävä vaikutus, sillä tulo- ja liittymä-

teiden perustamiskustannukset saattavat muodostaa valtaosan risteyksen kustannuksista, mikäli perustamissuhteet ovat vaikeat. Risteyksiltä olisi sen vuoksi pyrittävä sijoittamaan paikalle, jossa tulo- ja liittymätiet on mahdollista tehdä maakerrosten varaan.

Ylikulkusillan ja ylikulkukäytävän sijoittelussa näyttelee ratkaisevinta osaa tulopenkereiden perustaminen. Ylikulkusilta ja ylikulkukäytävä on sen vuoksi pyrittävä sijoittamaan paikalle, jossa tulopenkereet on mahdollista tehdä ilman paalutusta tai muita kalliita perustamisratkaisuja.

Alikulkusillan ja alikulkukäytävän sijoittelussa joudutaan kiinnittämään huomiota tieleikkauksen teko- ja kuivatusmahdollisuuksiin. Radan tai ylittävän tien nostomahdollisuudet on otettava myöskin huomioon alikulkusillan ja alikulkukäytävän sijoittelussa.

Sillan sijoittelussa ja samalla täten pohjatutkimuksien suuntauksessa tulisi pyrkiä siihen, että siltaa ei tarpeettomasti tehdä vinoksi. Erityisesti yli 20°...30° vinous on haitallinen. Ylikulku- ja alikulkutapauksissa, joissa toinen tie on alempiluokkainen, on erityisesti pyrittävä mahdollisimman lähellä suoraa kulmaa olevaan risteyskulmaan.

Rummun sijoittelussa näyttelee ratkaisevinta osaa rummun perustamistapa, josta syystä rummun sijoittelussa on oltava selvillä tielinjan pohja-suhteista. Rumpu on monesti edullista tehdä pehmeikköalueen reunaan, vaikka tällöin saatetaan joutua kaivamaan uutta laskuojaa, sillä rummun paalutus mahdollisine takapaalutuksineen muodostaa suuren osan rummun

kokonaiskustannuksista. Paalutetun rummun sijoittaminen sellaisen pehmeikköalueen keskelle, johon tiepen-ger tehdään maakerrosten varaan, on haitallinen tien painuessa rummun molemmiin puolin.

1.312 ALUSTAVAT TUTKIMUKSET SILLAN TAI RUMMUN ASE- MAN MÄÄRITTÄMISEKSI

Alustavia tutkimuksia saatetaan joutua tekemään jo tiesuuntaa valittaessa, ks. kohta 1.1. Alustavat tutkimukset valitulla tiesuunnalla tehdään sillan tai rummun aseman määrittämiseksi sekä alustavan siltasuunnitelman laatimista varten.

Alustavat tutkimukset käsittävät maan pintamuotojen selvittämisen valitsemalla sekä maakerrosten laadun, lujuuden ja tiiviyn selvittämisen kaivauksin kysymykseen tulevilla silta- ja rumpupaikoilla. Peruslinjana, johon alustavat tutkimukset sidotaan, käytetään yleensä tien keskilinjaa ja sen paalumittausta. Alustavia tutkimuksia suunniteltaessa ei yleensä tiedetä, mikälainen siltatyyppi tutkittavalle paikalle suunnitellaan. Sen vuoksi on tärkeätä, ettei tutkimuksia tässä vaiheessa tehdä liian yksityiskohtaisiksi. Kuitenkin tutkimusten on oltava niin laajalla alueella tehtyjä, että edullisin siltapaikka on niiden perusteella määrittävissä ja sillan todennäköinen perustamistapa on selvitettävissä.

Alustavien tutkimusten tekotapa on riippuvainen siitä, onko kysymyksessä siltapaikan tutkiminen tielinjalla vai onko kysymyksessä edullisimman tielinjan selvittäminen laajemmalla alueel-

la. Mikäli alustavalla siltapaikkatutkimuksella pyritään selvittämään edullisin tielinja sillan rakentamisen kannalta, tutkitaan leikkauksia sen esteen suuntaisina (joki, tie, rautatie), jonka ylitse tai alitse silta joudutaan rakentamaan. Leikkaukset sijoitetaan tavallisesti joen, tien tai rautatien kummallekin puolelle ja ne ulotetaan niin laajalle alueelle kuin vaihtoehtoiset tielinjat saattavat tulla kysymykseen. Kairauksia tehdään esteen suuntaisissa leikkauksissa 20...40 m välein, jolloin sillan sijoittelu voidaan riittäväällä tarkkuudella tehdä.

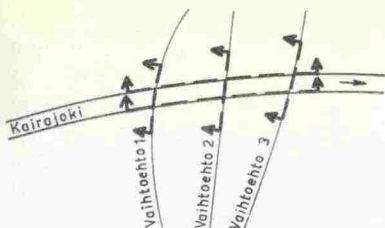
Mikäli lopullinen tielinja on jo valittu, tehdään alustava siltapaikkatutkimus ensin pituusleikkauksena keskellä tielinjaa. Pituusleikkaus ulotetaan tielinjan suunnassa 30...40 m pitemmälle kuin mitä on otaksuttavissa sillan ulottuvan. Pituusleikkauksutkimus käsittää tien keskilinjaa vaaituksen maaston pintamuotojen vaihtelut tarkasti huomion ottaen Pituusleikkauksessa tehdään painokairauksia maan laadun ja lujuus- sekä tiiviysominaisuuksien selvittämiseksi. Kairauksia tehdään alustavissa siltapaikkatutkimuksissa yleensä 20 m välein tien keskilinjalla. Siltapaikkatutkimuksissa on erikoisesti kiinnitettävä huomiota siihen, että painokairaukset ulotetaan niin syväälle kuin niillä on mahdollista päästä ja että noudatetaan ohjeita kiertämisestä ja lyömisestä (osa I).

Alustavien siltapaikkatutkimusten yhteydessä ei tavallisesti tarvitse tutkia tien keskilinjaa lisäksi muita pituusleikkauksia (kaksiajorataisella tielinjalla kuitenkin kummankin ajora-

dan keskilinja). Poikki- tai vinopoikkileikkausten tutkiminen rajoitetaan alustavissa tutkimuksissa tavallisesti kahteen leikkaukseen, jos on kysymyksessä kuivan paikan silta tai pienhkö vesistösilta. Mikäli kysymyksessä on suurehko vesistösilta, on alustavat tutkimukset suunniteltava kutakin tapausta varten erikseen ja tarpeellinen määrä poikkileikkauksia on tutkittava myös mahdollisten virtapilareiden rakentamista varten. Poikki- tai vinopoikkileikkaukset sijoitetaan vesistön reunoille, yli- ja alikulkukäytävissä tien molemmille puolille sekä yli- ja alikulkusilloissa rautatien kummallekin puolelle. Poikki- ja vinopoikkileikkauksiin sijoitetaan kairauksia yleensä 10...15 m välein, elleivät maaston vaihtelut ole niin jyrkkiä, että tiheämpikin kairausväli on tarpeen.

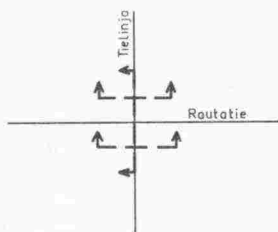
Alustavat tutkimukset rumpupaikan aseman määrittämiseksi tehdään tielinjan tutkimuksen yhteydessä. Kun maaperäsuhteet määrätään tien keskilinjalla, on niiden perusteella mahdollisuus määrätä edullisin rumpupaikka, kun mahdollisesti kysymykseen tulevilla rumpupaikoilla on tien keskilinjaa tutkimusten lisäksi tutkittu poikkileikkauksia, joita voidaan käyttää hyväksi myös tiepenkereen vakavuuden selvittelyssä. Sen vuoksi nämä poikkileikkaukset on tutkittava siten kuin kohdassa 1.23 on penkereitten tutkimuksesta esitetty.

Mikäli siltapaikalla on pääteltävissä, että kallio on lähellä maanpintaa (0...3 m syvyydessä), on alustava tutkimus tehtävä kaivamalla koekuoppia kallioon asti. Tällöin voidaan alus-



Kuva 14:

Alustava vesistösiltaapaikantutkimus vaihtoehtoisin tielinjoin, kaaviopiirros.



Kuva 15:

Alustava alikulkusiltaapaikantutkimus, kaaviopiirros.

tavan tutkimuksen yhteydessä selvittää kallion pinta 5...10 m ruudukossa koko sillä alueella, johon silta saattaa tulla sijoitettavaksi. Samoin on kallion pinta vaaittava vähintään yhtä tiheästi, mikäli se on näkyvissä. Kalliopinnan vaihdellessa tiheämpikin vaaitus on tarpeen. Näkyvissä olevasta kalliosta tehdään muistiinpanot kallion laadusta, rakoilusta ja epätasaisuudesta.

Mikäli kallion pinta ei ole näkyvissä eikä koekuoppia kaivamalla päästä kalliin asti, on alustavat tutkimukset tehtävä painokairauksina.

Painokairaukset tehdään ottaen huomioon, mitä edellä on esitetty.

Alustavien tutkimusten yhteydessä on otettava myös maanäytteitä ja tutkittava siipikairalla maan lujuusominaisuuksia. Maanäytteiden otto rajoitetaan alustavien tutkimusten yhteydessä 1...2 pisteeseen kutakin siltapaikkaa kohden ja yleensä voidaan tyytyä häiriintyneisiin näytteisiin. Mikäli siltapaikalla tutkimus rajoittuu koekuoppien kaivamiseen, otetaan 2 koekuopasta maanäytteitä 0.5 m välein laboratoriotutkimuksia varten, jolloin näytteistä selvitetään vain rakeisuus. Mikäli alustava siltapaikkatutkimus tehdään painokairauksina, otetaan näytteitä joko mäntäkairalla, tärykairan näytekärjellä tai heijarikairan näytekärjellä maan laadusta riippuen. Näytteistä määritetään laboratoriossa rakeisuus, vesipitoisuus ja hienorakeisista maalajeista hienousluku.

Maan leikkauslujuus koheesiomaalajeissa määrätään alustavan tutkimuksen yhteydessä siipikairalla. Siipikairauspisteet rajoitetaan 2...3 pisteeseen siltapaikkaa kohden, jolloin on tärkeätä sijoittaa yksi siipikairauspiste tulopenkereen liittymäkohtaan. On huomattava, että siipikairaa on mahdollista käyttää vain rajoitetusti riittävän pehmeissä maissa.

Alustavan siltapaikkatutkimuksen yhteydessä on aina selvitettävä pohjaveden asema. Vesistösiltojen tutkimusten yhteydessä on selvitettävä vesistön HW, NW ja MW siltapaikalla.

Mikäli on kysymyksessä esim. tien parantaminen, jossa olemassaolevaa siltaa levennetään tms., on ensimmäi-

senä pyrittävä hankkimaan sillan vanhat pohjatutkimukset, joita tarvittaessa täydennetään. Edelleen on piirustuksista pyrittävä selvittämään sillan perustamistapa. Ellei se ole mahdollista, on sekin pyrittävä tutkimuksin selvittämään.

1.313 YKSITYISKOHTAISET TUTKIMUKSET RAKENNUSPAIKALLA

Sen jälkeen kun alustavat tutkimukset on tehty, laaditaan sillasta alustava ehdotus, joka on perustana yksityiskohtaisten tutkimusten suorittamiselle. Yksityiskohtainen siltapaikkatutkimus olisi yleensä pyrittävä tekemään vasta sen jälkeen, kun sillan alustava ehdotus on valmiina tai ainakin on tiedossa siltatyypin ja perustusten paikat. Yksityiskohtaisella siltapaikkatutkimuksella on tarpeellista selvittää perustusten paikalla perustamisolosuhteet tarkasti, so. maakerrosten laatu, lujuus, tiiviys sekä pohjavesiolosuhteet sekä tarvittaessa kallion pinta. Sen vuoksi tutkimuslinjat ja kairauspisteet on sijoitettava siten, että ne ovat pääasiassa perustusten paikoilla.

Vesistösillan paikalla yksityiskohtaisella tutkimuksella selvitetään maaperäsuhteet ensin pituusleikkauksena keskellä tielinjaa; tien ollessa leveä (moottoritie) tai pohjasuhteiden vaihdellessa jyrkästi kahden pituusleikkauksen tutkiminen voi olla tarpeen.

Pituusleikkaus ulotetaan 30... 40 m varsinaisen siltapaikan ulkopuolelle ja sen tutkimisessa on käytettävä

hyväksi alustavassa tutkimuksessa tehdyt kairaukset. Pituusleikkauksen lisäksi tutkitaan poikkileikkauksia jokaisen perustuksen kohdalta. Virtapilareiden paikoilla riittää tavallisesti 1 poikkileikkaus kunkin pilarin kohdalta samoin kuin maatumienkin paikalla, mikäli maan laatu ei kovin paljon vaihteile eikä maatumi ole kovin laaja. Maan laadun vaihdellessa suuresti maatumien kohdalla ja mikäli maatumi on laaja, on poikkileikkaus tarpeellista sijoittaa sekä maatumien etu- että takareunan kohdalle. Pituusleikkauksessa kairataan ensi vaiheessa vain niissä pisteissä, joissa poikkileikkaukset leikkaavat pituusleikkauksen. Mikäli perustukset ovat laajoja ja maa on epähomogeenista, on kairauksia lisättävä pituusleikkauksen perustusten reunoille tai vähän niiden ulkopuolelle. Poikkileikkauksiin kairaukset sijoitetaan keskelle tielinjaa (yhteinen pituusleikkauksen kanssa) ja perustuksen sivuille, elleivät perustukset ole leveitä ja maa epähomogeenista, jolloin perustuksen paikalle on tarpeellista sijoittaa em. suurempi kairausreikämäärä. Maatumien kohdalle sijoitetuissa poikkileikkauksissa on edellä esitettyjen perustusten paikalle tulevien kairauspisteiden lisäksi kairattava myös perustuksen ulkopuolelta, jotta keilamuurin ja luiskan vakavuus saadaan selvitettyksi siltatutkimuksen yhteydessä. Keilamuurin ja luiskan vakavuuden selvittämiseksi saattaa monesti olla tarpeellista tutkia muunkin suuntaisia leikkauksia (jokea vastaan kohtisuoria leikkauksia). Sillan yksityiskohtainen tutkimus käsittää myös penkereen perustamistavan

selvittelyn maatuikiin rajoittuvissa kohdissa. Tästä syystä on maatukien takana tutkittava poikkileikkaus, joka on sijoitettava 10...15 m päähän maatuesta penkereen korkeudesta riippuen siten, että matalissa penkereissä poikkileikkaus sijoitetaan 10 m päähän maatuesta ja korkeissa penkereissä 15 m päähän maatuesta. Hyvin kantavassa maassa voidaan penkereen vakavuutta selvittävä poikkileikkaus jättää tutkimatta. Tulopenkereiden tutkiminen on edellä siltapaikkatutkimuksessa rajoitettu vain maatukien välittömään läheisyyteen. Jokaisen siltapaikkatutkimuksen yhteydessä on harkittava, rajoitetaanko tulopenkereen tutkiminen siltapaikkatutkimuksen yhteydessä edellä esitetyllä tavalla, vai onko siltapaikkatutkimuksen yhteydessä tarpeellista tutkia tulopenger kokonaisuudessaan. Tulopenkereiden tutkiminen suoritetaan siten kuin kohdassa 1.23 on penkereiden tutkimisesta esitetty.

Kahden tien risteyssillan tutkimuksessa pituusleikkaus tutkitaan ylittävän tien suunnassa ja poikkileikkaukset alittavan tien suuntaisina perustusten kohdilta sekä maatukien takaa penkereen vakavuutta selvittävät poikkileikkaukset, ellei niiden tutkiminen ole tarpeetonta maan hyväkantoisuuden vuoksi. Pituus- ja poikkileikkausten tutkimisessa noudatetaan edellä esitettyjä ohjeita.

Ylikulkusiltaan ja ylikulkukäytävään liittyvä yksityiskohtainen pohjatutkimus on pääpiirteissään samanlainen kuin vesistösiltaan liittyvä tutkimus. Pituusleikkaus tutkitaan tien (ylikulkusillan kysymyksessä ollen)

tai ylittävän tien (ylikulkukäytävän ollessa kysymyksessä) suunnassa. Poikkileikkaukset sijoitetaan perustusten kohdille rautatien (ylikulkusilta) tai alittavan tien (ylikulkukäytävä) suuntaisina. Tulopenkereiden vakavuus maatuikiin rajoittuvissa kohdissa on selvitettävä samalla tavalla kuin edellä on esitetty vesistö- ja risteyssillan tutkimisen yhteydessä.

Alikulkusiltaan ja alikulkukäytävään liittyvässä yksityiskohtaisessa tutkimuksessa tutkitaan ensin leikkaus rautatien (alikulkuilta) tai ylittävän tien (alikulkuikäytävä) suunnassa. Tämän jälkeen tutkitaan tien (alikulkuilta) tai alittavan tien (alikulkuikäytävä) suunnassa leikkauksia perustusten kohdilta huomioon ottaen kuitenkin maatukien ja maatukien taakse (pengertutkimus) sijoitettavien leikkausten suhteen, mitä vesistösillan tutkimuksen yhteydessä on näiden leikkausten suhteen esitetty.

Kaikkien kuivan paikan siltojen suhteen on huomattava, että keilamuurien ja luiskien vakavuuden selvittämiseksi saattaa monesti olla tarpeellista tutkia muunkin suuntaisia leikkauksia kuin mitä edellä on esitetty. Lähinnä tulevat tällöin kysymykseen esim. alittayaa tietä vastaan kohtisuorat leikkaukset.

Kaikkien kuivan paikan siltojen tutkimukseen liittyy olennaisena asiana pohjaveden pinnan määrittäminen. Pohjaveden pinta selvitetään siltapaikoilla pohjavesiputkilla, joita on syytä lyödä maahan 2 kpl kullakin siltapaikalla tutkimuksen alkuvaiheessa, jotta tutkimusaikana on mahdollista seurata pohjaveden pinnan vaihtelua.

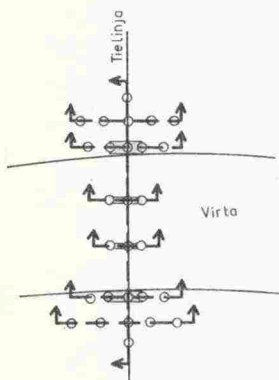
Sen jälkeen kun alustavassa tutkimuksessa on edullisin rumpupaikka selvitetty, jää yksityiskohtaisen tutkimuksen selvitettäväksi rummun tarkka sijainti ja sen edullisimman suuntauksen tutkiminen. Tätä varten rumpupaikalla on tarpeellista tutkia 5... 10 m ruudukossa se alue, johon rumpu tulee sijoitettavaksi.

Yksityiskohtaisessa siltapaikkatutkimuksessa tutkimuskalusto valitaan alustavassa tutkimuksessa saatujen kokemusten perusteella. Milloin alustavassa tutkimuksessa on todettu kallio-pinnan olevan lähellä maanpintaa, selvitetään kallio-pinnan sijainti yksityiskohtaisessa tutkimuksessa perustusten paikoilla koekuopilla.

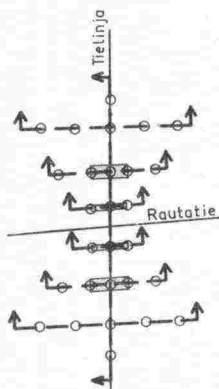
Tutkimuskalustona käytetään yksityiskohtaisessa siltapaikkatutkimuksessa pääasiassa painokairauskalustoa, jolla on mahdollista saada selvitetynsi luotettavasti maaperän lujuuden ja tii-

viyden vaihtelut siltapaikalla. Tutkimuskaluston on kuitenkin oltava myös niin tehokas, että sillä on mahdollista päästä kovien ja kivistenkin maakerrosten läpi sillan suunniteltuun perustamistasoon asti. Mikäli alustavien tutkimusten perusteella on selvästi pääteltävissä, ettei painokairauskalustolla tulla pääsemään suunniteltuun perustamistasoon asti, on yksityiskohtaisessa tutkimuksessa käytettävä painokairauskalustona tehokkaampaa kalustoa, joista esitys jäljempänä.

On myöskin mahdollista, että siltapaikalla, joka alustavien tutkimusten perusteella tulee paalutettavaksi, ei päästä painokairauskalustolla tiiviin ja pieniä kiviä sisältävän maakerroksen läpi, vaikka paalut tulevat tämän kerroksen läpäisemään. Tässäkin tapauksessa on käytettävä painokairauskalustoa tehokkaampaa tutkimuskalustoa, jotta paalutuksen aikana ei tulisi



Kuva 16:
Vesistö sillan tutkimukset, kaaviopiirros.



Kuva 17:
Ylikulkusillan tutkimukset, kaaviopiirros.

yllätyksiä paalujen pituuden suhteen. Heijarikairauksella on mahdollista päästä tiiviimpien maakerosten läpi kuin painokairauksella ja sen käyttö tulee usein kysymykseen em. tapauksessa paalujen pituuksia määritettäessä.

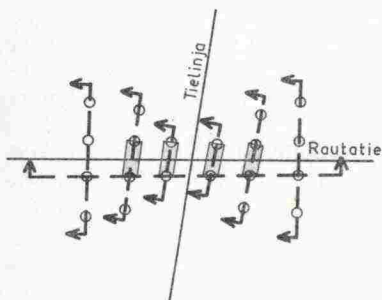
On kuitenkin siltapaikkoja, joissa ei ole mahdollista heijarikairauksellaan päästä suunniteltuun perustamistasoon asti. Tällaisessa tapauksessa on harkittava, onko siltapaikalla syytä tehdä paineilma- tai maaputkikairauksia, jotta kallion pinta saadaan selvitettyksi, mikäli se nousee suunnitellun perustamistason yläpuolelle. Mikäli on pääteltävissä, että kallio ulottuu suunnitellun perustamistason yläpuolelle, saattaa perustamistavan muutos työn aikana aiheuttaa lisäkustannuksia ja työn viivästymistä. Kalliopinnan selvittäminen etukäteen on myöskin tarpeellista perustettaessa silta kaivinpaaluille, koska kaivinpaalut on yleensä vietävä kallioon asti.

Maassa olevilla lohkarilla (pulteilla) on merkitystä paalutuksen ja

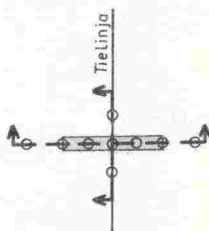
pontituksen kannalta. Jos pohjatutkimuksissa havaitaan kairauksen päättyvän useammassa pisteissä kiviin löyhissä tai pehmeissä maalajeissa, pitäisi pohjatutkimuksia tihentää kivi- ja lohkarhaitan selvittämiseksi.

Edellä esitettyjä tutkimustapoja täydentämässä on mahdollista käyttää geofysikaalisia menetelmiä, pisto- ja lyöntikairausta sekä tärykairausta. Pisto- ja lyöntikairauksen sekä tärykairauksen käyttö rajoittuu samalaisten maakerrosten tutkimiseen kuin painokairauksen. Yksinomaan pisto-, lyönti- tai tärykairauksella siltapaikkatutkimusta ei pidä tehdä, vaan näitä kairaustapoja voidaan käyttää siltapaikkatutkimuksessa vain painokairausta täydentämässä.

Siltapaikkatutkimukseen sisältyy paino- tai muiden kairausten lisäksi myös maanäytteiden ottoa laboratorio- tutkimuksia varten sekä myös tarvittaessa siipikairauksia sillan maatukiin liittyvien tulopenkereiden vakavuuden selvittämiseksi. Siipikairauksia tehdään jo alustavan tutki-



Kuva 18:
Alikulкусullan tutkimukset, kaaviopiirros.



Kuva 19:
Rummun tutkimukset, kaaviopiirros.

muksen yhteydessä 2...3 kairauspisteessä siltapaikkaa kohden, mikäli maa on sellaista, että siipikairauten teko on siinä mahdollista. Yksityiskohtaisen tutkimuksen yhteydessä siipikairauksia on tarvittaessa täydennettävä.

Maan laadun selvittämiseksi on siltapaikalta otettava maanäytteitä. Tavallisesti otetaan alustavan tutkimuksen yhteydessä jo 1...2 näytesarjaa siltapaikkaa kohden. Varsinkin mikäli maassa on huomattavia vaihteluita, 1...2 lisänäytesarjan otto siltapaikalla saattaa olla tarpeellista. Siltatutkimuksen näytteet saavat yleensä olla häiriintyneitä. Häiriintymättömien näytteiden otosta annetaan eri ohjeet yksityiskohtaisen tutkimuksen yhteydessä. Maanäytteet otetaan mätäkairalla, tärykairan näytekärjellä, heijarikairan näytekärjellä tai maaputkikairalla maan laadusta riippuen. Häiriintyneistä maanäytteistä määritetään laboratoriossa rakeisuus, vesipitoisuus sekä hienorakeisista maa-lajeista hienousluku sekä tarvittaessa humuspitoisuus.

1.314 TULOSTEN ESITTÄMINEN

Pohjatutkimuspiirustus sisältää kartan, jonka mittakaava voi vaihdella 1:2 000...1:500. Kartassa pitää olla esitettynä tutkittava alue lähiympäristöineen korkeuskäyräpohjalla. Karttaan merkitään tutkitut leikkaukset kairauspisteineen. Mikäli kartan mittakaava on 1:2000, saattaa monesti olla tarpeellista esittää tutkitut leikkaukset ja kairauspisteet isommassa mitta-

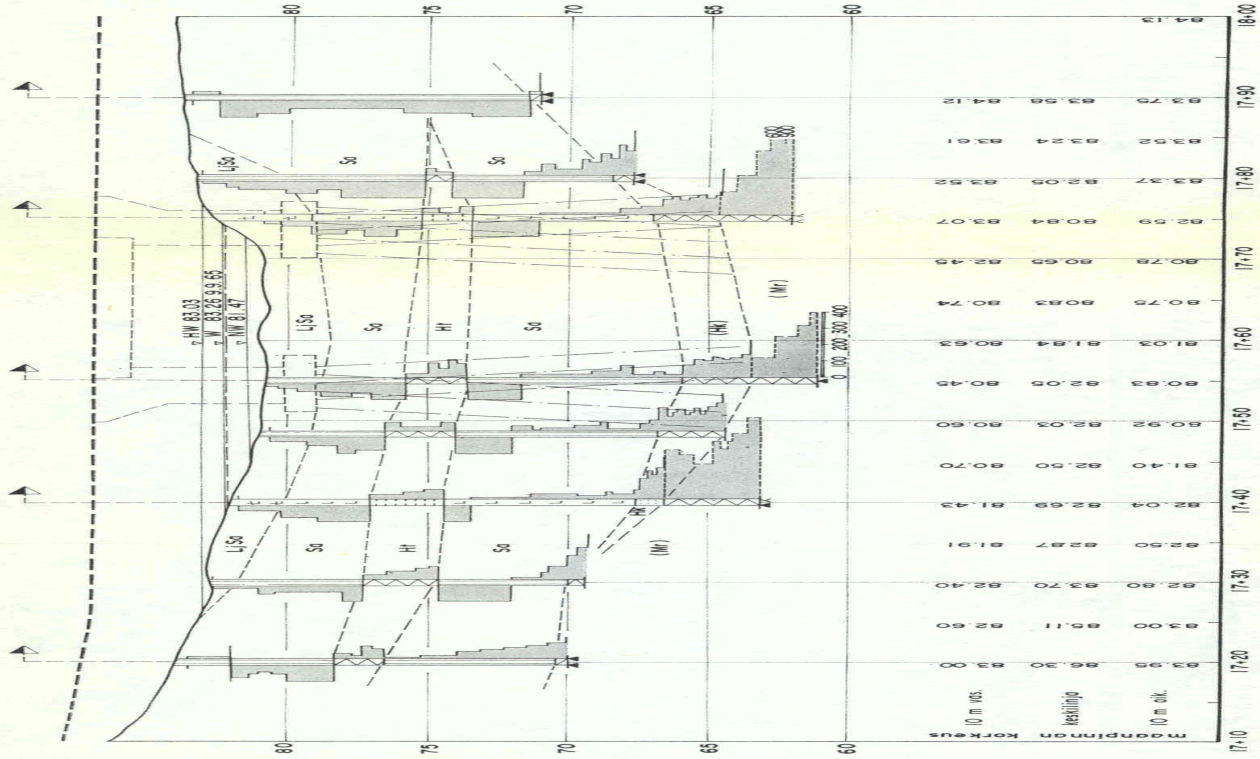
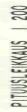
kaavassa. Tällöin karttaan (mittakaava 1:2000) merkitään vain tutkitujen leikkausten paikat, mutta asema-piirrookseen, joka tehdään mittakaavaan 1:500, merkitään leikkausten lisäksi myös kairauspisteet, joiden merkinnässä on käytettävä osassa I esitettyjä piirustusmerkkintöjä.

Pohjatutkimuspiirustukset sisältävät edelleen tutkittujen leikkausten esittämisen siten, että niistä ilmenee tutkimusaikainen maanpinta sekä tutkimustulokset ja niiden perusteella, mikäli se on mahdollista, rajatut maa-lajikerrostumat. Tutkittujen leikkausten peruslinjana käytetään yleensä tien keskilinjaa ja tulokset esitetään tielinjan paalutukseen sidottuina. Tutkitut leikkaukset esitetään pohjatutkimuspiirustuksissa mittakaavassa 1:200.

Pituus- ja poikkileikkauksiin on merkittävä tielinjan paalujako ja etäisyys tien keskilinjasta oheisten ohjepiirustusten mukaisesti. Korkeussuhteiden selventämiseksi on leikkauksissa käytettävä korkeustasoviivoitusta 5 m välein. Kairaukset piirretään osassa I esitettyjä piirustusmerkkintöjä käyttäen.

Laboratoriossa tehtyjen maanäytteiden tutkimustulosten piirtäminen tapahtuu osassa I esitettyjä piirustusmerkkintöjä käyttäen.

Pohjatutkimuspiirustuksessa on esitettävä myös tutkimusaikainen vedenpinta sekä yli-, keski- ja alivedenpinta vesistösillan tutkimuksen yhteydessä, pohjaveden pinnan korkeus erilaisten kuivan paikan siltojen tutkimuksen yhteydessä, radan korkeusviiva yli- ja alikulkusiltojen tutkimuksen yhteydessä, samoin yli- ja ali-

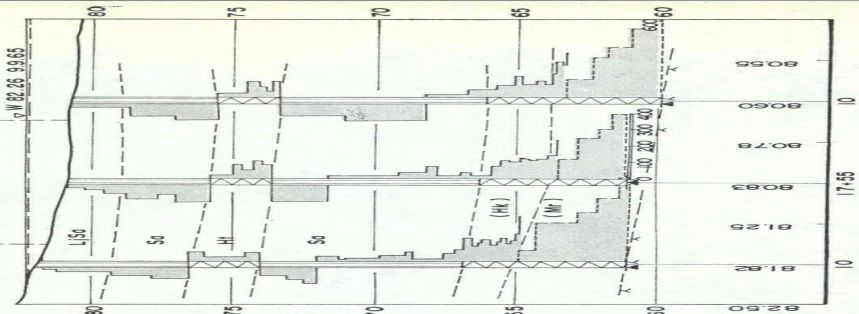


KOHTI SUORAT POIKKILEIKKAUKSET 1:200

8-8

VINOT POIKILEIKKAUKSET 1:200

C-C



AUTOMAATTI TIE SUUNNITTELMAN KARTTA 1:200
 AUTOMAATTI TIE SUUNNITTELMAN KARTTA 1:200

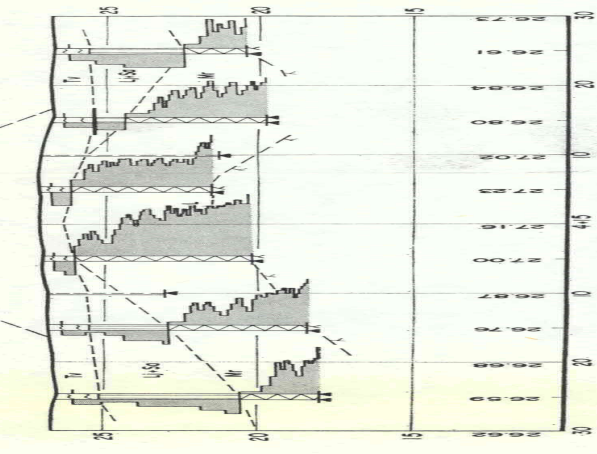
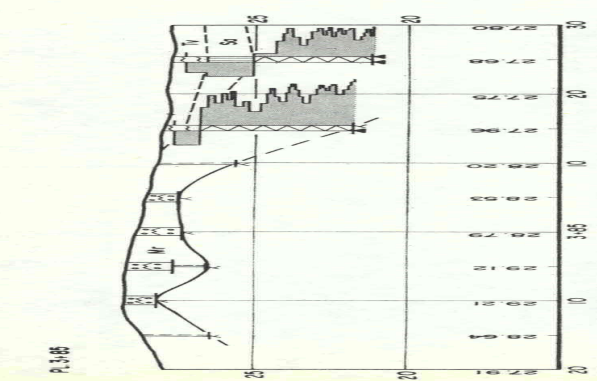
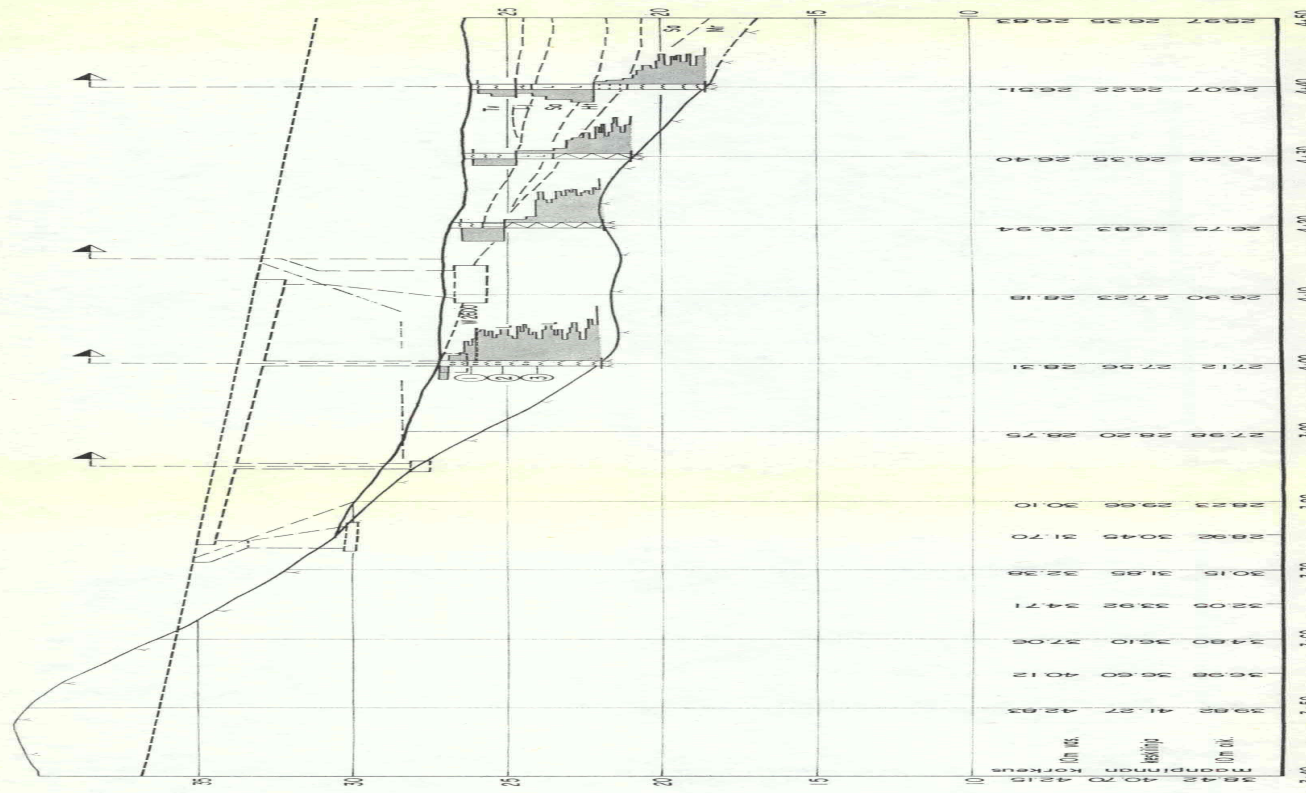
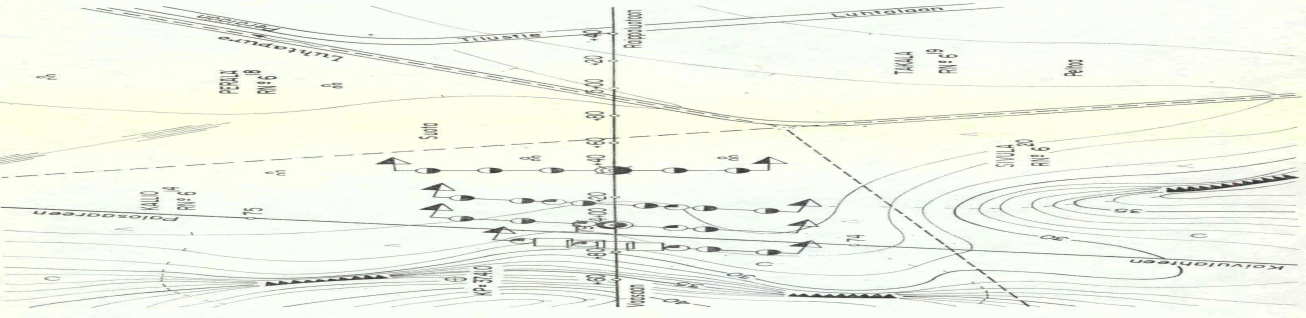
KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100

KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100

KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100

KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100

KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100

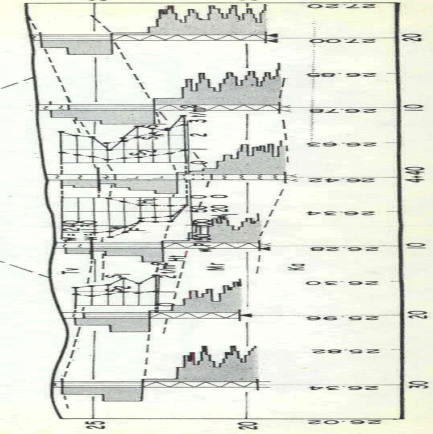
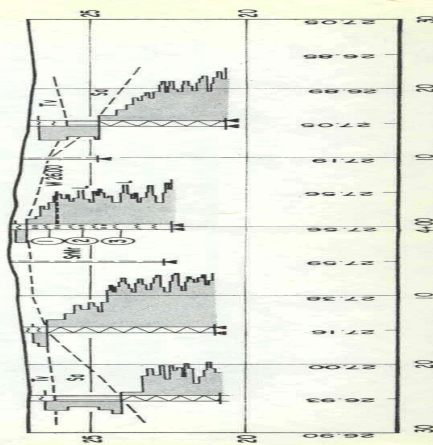


KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100

KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100

KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100

KARTTA 1:100
 KARTTA 1:100



kulkusillan paikan sitominen radan km-mittaukseen, siltapaikkatutkimuksessa käytetyn kiintopisteen sijainti ja korkeus (kiintopistejärjestelmä ilmoitettava).

Kuvissa 20 ja 21 on esitetty esimerkkejä siltapaikkatutkimuksista.

Tutkimustuloksia esitettäessä on tärkeätä, että pohjatutkimuspiirustuksiin piirretään tai tehdään merkintä niistä kairauksista, joilla ei ole päästy maan kivisyyden vuoksi riittävän syvälle, jotta niiden perusteella olisi mahdollista tehdä päätelmiä maan kivisyydestä ja kaivettavuudesta siltapaikalla. Siltapaikkojen pohjatutkimustuloksia esitettäessä on erikoisen tärkeätä, että maalajitiedot tulevat oikein tulkittuina piirustuksiin, koska maalajimerkinnot yhdessä kairausdiagrammien kanssa määräävät maan kaivu- vaikeuden, tukiseinien lyöntimahdollisuuden ym. rakennustyön aikaisten toimenpiteiden toteuttamismahdollisuuden.

1.32 LAIVA- JA LAUTTA-LAITURIT

Laituri on vedessä oleva rakenne, johon alukset voivat välittömästi kiinnittyä, kuormata ja purkaa tavaraa ja joka koko pituudeltaan tai ainakin päästään on kiinni maassa.

1.321 LAITURIN TUTKIMUKSEN ENNAKKOSELVITYKSET

1) Yleisselvitykset

Yleisselvityksiin kuuluvat ainakin seuraavat seikat:

- laiturin käyttötarkoitus,
- tavaralaji, jonka kuormaukseen tai purkaukseen laituria pääasiassa tullaan käyttämään,
- tavaramäärä,
- laivojen suuruus ja syväys,
- tavaramäärän kasvun (laituritarpeen) ennuste.

2) Teknilliset selvitykset:

- on hankittava (laadittava) vesi- ja maa-alueen kartta, johon tutkimussuunnitelma merkitään,
- on selvitettävä tulevan laiturin maapuolen liikenne ja liikenne-alueet sekä tavarankäsittely- ja varastointitilat,
- on määriteltävä 1)-kohdan selvitysten perusteella tulevan laiturin pituus ja vesisyvyys.

1.322 ALUSTAVAT TUTKIMUKSET LAITURIPAIKAN MÄÄRITÄMISEKSI

Alustavan tutkimuksen asemesta olisi oikeampaa puhua alueellisesta tutkimuksesta. Tällaista alueellista tutkimusta tarvitaan silloin, kun ennestään ei ole tuntemusta eikä tutkimustuloksia vesi- ja maa-alueista, eikä laiturin paikkaa ole ennakolta sidottu. Tällaisia ennakolta sitovia seikkoja saattaisivat olla esim. vahvistettu asemakaava, teollisuuslaitos, jonka edustalle laituri tulee rakentaa, vieressä olevat valmiit laiturit, jotka yhdistetään uudella laiturilla yms.

Alueellista tutkimusta vaaditaan, jos kyseessä on uuden sataman suunnittelu.

Alueellinen tutkimus on ulotettava yli koko kysymyksen tulevan vesi- ja

maa-alueen. Siihen tulee mahtua koko ennusteen mukainen tuleva laituripituus, satama-allas, sisävyäylä sekä tulo-vyäylä ja sataman maa-alueet.

Tutkimus suoritetaan tavallisesti paaluttamalla koko alue 40×40 m ruutuihin. Jos pohjan laatu on nopeasti vaihteleva, on ruudukkoa tutkimuksen aikana tarpeen mukaan tiennettävä. Vesialueella paalutus ja tutkimus suoritetaan mahdollisuuksien mukaan jään päältä, jolloin työ on nopeampaa ja halvempaa ja tulokset tarkempia kuin jos työ suoritetaan avovedessä lautalta. Kuitenkin joudutaan usein olosuhteista johtuen suorittamaan tutkimuksia myös lautoilta. Niiden ankkuroiminen oikealle paikalle tuulisilla alueilla on usein hidaasta ja vaikeaa (kuva 22).

Tutkimusvälineistö on samaa kuin mitä käytetään kaikissa muissakin pohjatutkimuksissa. Veden syvyyden ollessa yli 1.0 m tarvitaan kuitenkin lisävälineinä putkia, joiden läpi pohjan kairaus tapahtuu. Putki estää kairauksia taipumasta ja kulkeutumasta vinoon.

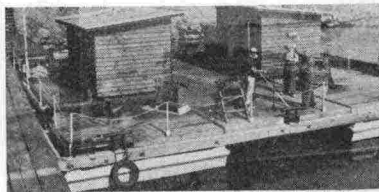
Vesialueilla, joissa veden syvyys yleisesti on yhtä suuri tai suurempi kuin vaadittu suunnittelusyvyys, eikä kyseessä ole minkään rakenteen paikka, riittää tutkimukseksi vesialueen pohjan luotaus. Rakenteettomilla alueilla voidaan pohjan tutkimuksessa yleisestikin tyytyä johonkin tiettyyn syvyysrajaan, joka on suunnittelusyvyyden alapuolella. Jos sen sijaan on epätie-toisuutta esim. aallonmurtajien sijoi-tuksesta, on edullisinta suorittaa tutkimus täydellisenä koko alueella. Rakenteettomilla alueilla saattaa niin

ikään olla edullista suorittaa tutkimukset seismistä luotausta käyttäen, (ks. kohta 1.33).

Tutkimuksessa on kaikki korkeudet verrattava johonkin käytettävissä olevaan tarkkavaaitustasoon.

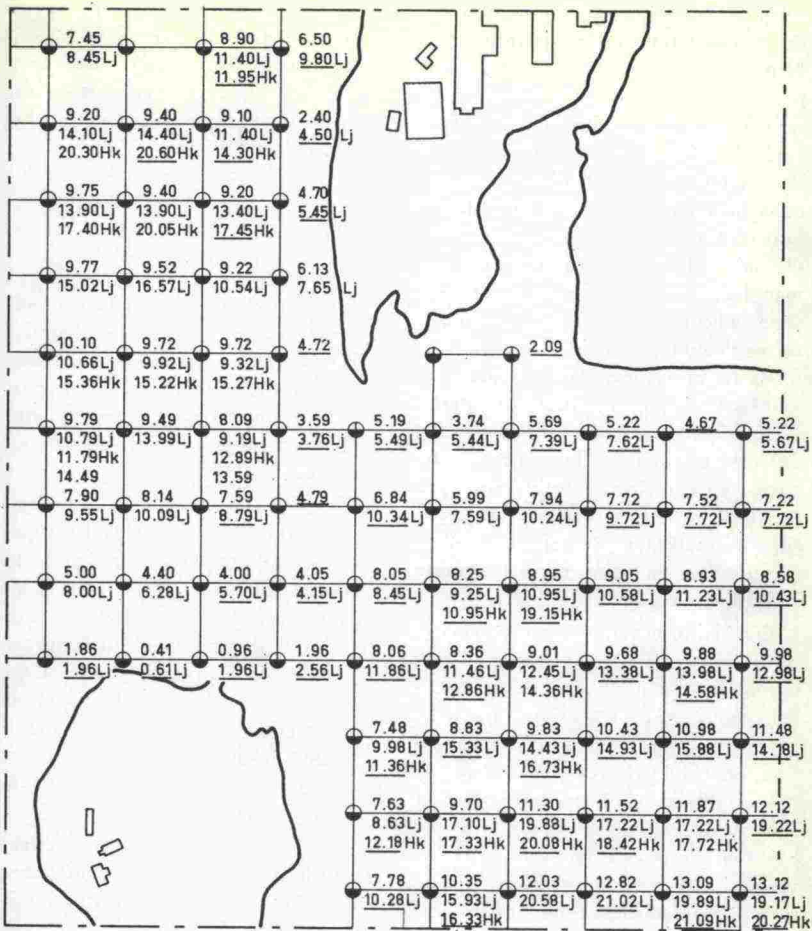
Tutkimustulokset esitetään tavallisesti numeroin ja lyhennetyin maalajimerkinnöin tutkimuskarttaan (kuva 23) tehdyn tutkimusruudukon nurkkapisteissä pystyviivan oikealla puolella. Ylinnä vaakaviivan yläpuolella oleva numero tarkoittaa maanpinnan (vesialueen pohjan) korkeutta tarkkavaaitustasossa. Vaakaviivan alapuolella olevat numerot ilmaisevat maakerroksen alarajan syvyyden maanpinnasta. Viiva alimman numeron alla tarkoittaa, että kallio on varmasti saavutettu.

Suunnittelua varten piirretään edellä selostetun tutkimuskartan numeroiden perusteella suunnittelukarttaan syvyyskäyrät vesistön pohjan korkeudesta, moreenipohjan korkeudesta ja kallio-pinnan korkeudesta. Käyrät erotetaan joko kaikki omalle kartalleen tai käy-



Kuva 22:

Teräsponttoonien varaan rakennettu kairauslautta. Lautan kannessa ruudukkoon tehty kairausreiät, jotka kulkevat myös ponttoonien läpi. Kopit siirrettäviä. Ne voidaan sadesäällä siirtää kairaajien suojaksi.



Kuva 23:

Alustava laituripaikantutkimus, kuvassa esitetty vain osa alueesta. Kairaukset 40 m ruudukossa.

tetään eri värejä tai erilaisia viivoja samalle karttalehdelle piirrettäessä. Näin saadaan alueesta yleiskuva. Sen pohjalla laaditaan kokonaissuunnitelma, joka sisältää laiturin (laituriviivan sijainnin), satama-altaan, sisävyälän, redin ja tuloväylän. Siinä tulee ottaa huomioon myös maapuolen tavarankäsittelytilat ja liikennealueet. Ei ole mielekästä rakentaa mahdollisimman halpaa laituria, jos sen sijoituksesta aiheutuu suuria lisäkustannuksia vesiliikenteen vaatimissa rakennustoissa tai maa-alueet jäävät laiturin sijoituksen johdosta riittämättömiksi. Laituriviivan suuntaa ja sijaintia määrittäessä on otettava huomioon koko ennusteen mukainen laituripituus. Laituriviiva voi rakentamisolosuhteista riippuen kulkea myös kuivalla maalla (laituriviiva on laiturin päällystason ja etusivutason leikkausviiva).

Kun laituriviivan sijainti on määritetty, voidaan laiturista aluksi rakentaa mikä osa tahansa. Tavallisesti, mikäli muut syyt eivät toisin määrää, rakennetaan kuitenkin ensin se osa, joka on halvin, koska pääomakustannukset silloin ovat pienemmät. Laiturin rakenne voi pohjaolosuhteista tai käyttötarkoituksesta johtuen vaihdella vapaasti, mutta laituriviivan tulisi määrätyn satamanosan tai jonkin tietyn laiturikokonaisuuden osalta olla yhteinen. Laituriviivaan voidaan myös tehdä kulmia tai pykälää, mutta koska laivojen pituus on kovin vaihteleva, aiheutuu laituriviivan kulmista tai pykälistä yleensä hukkapituutta.

Kaikki edellä selostettu koskee lähinnä rantalaituria, mutta soveltuvin osin se pätee myös pistolaitureihin.

Näissä saattaa kuitenkin laituriviivoja olla yksi, kaksi tai kolme. Keula- ja peräporttilaivoille tarkoitetuissa laitureissa sen sijaan ei varsinaisesta laituriviivasta samassa mielessä enää voida puhua.

1.323 YKSITYISKOHTAINEN TUTKIMUS

Kun alueellisesta tutkimuksesta saatujen tietojen pohjalta on luonnosteltu kokonaissuunnitelma ja määritetty laituriviivan suunta ja sijainti, tai jos se muutoin on selvä, suoritetaan laituri paikan yksityiskohtainen tutkimus.

Tämän yksityiskohtaisen tutkimuksen tarkoituksena on saada laituri paikan pohjaolosuhteista esiin kaikki ne tiedot, jotka ovat tarpeen laiturin rakenteen valinnassa, rakenteiden suunnittelussa ja rakentamiskustannusten arvioimisessa. Tästä tutkimuksesta saatujen tietojen perusteella voidaan myös tarkistaa laituriviivan suuntaa ja sijaintia, mikäli ne eivät ole ennakkolta sidotut. Tutkimus on ulotettava myös laiturin tausta-alueelle.

Tutkimuksen peruslinjaksi valitaan tavallisesti laituriviivan suuntainen suora, joka voidaan pysyvästi kiinnittää maastoon. Mittausten yksinkertaistamiseksi se usein otetaan täysien kymmenien metrien etäisyydelle laituriviivasta. Perusviiva muodostaa tutkimuskoordinaatiston toisen akselin. Tutkimuslinjat ovat kohtisuorassa tätä peruslinjaa vastaan (kuva 24).

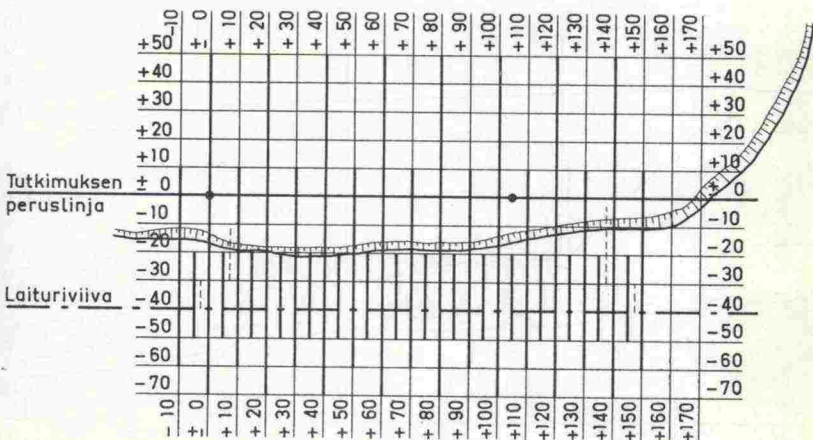
Poikkileikkaukset paalutetaan 5.0 m välimatkoin ja tutkimuspisteet poikki-

leikkauksessa myös 5.0 m välein. Näin syntyy 5.0×5.0 m tutkimusruudukko. Tutkimuskairausta ei kuitenkaan yleensä tarvitse suorittaa jokaisessa ruudukon pisteessä, vaan tutkimus suoritetaan poikkileikkauksina laituriviivalla. Tutkittava pituus poikkileikkauksissa voi vaihdella. Jokainen poikkileikkaus on kuitenkin tutkittava ainakin niin leveältä, että koko tuleva rakenne on sen sisällä. Tutkittava pituus on riippuvainen kovan pohjan syvyydestä, kalliopohjan kaltevuudesta ja laiturin tausta-alueen käyttötarkoituksesta. Jos koheesiomaakerrokset ovat paksuja ja laiturin tausta-alueelle aiotaan varastoida esim. hiiltä, hiekkaa, malmia tms. tai tehdä maapengerriksiä, on liukupintojen syntymisen mahdollisuus suuri ja ne voivat alkaa hyvin kaukaa laiturin taustasta. Myös vinot kalliopinnat voivat aiheuttaa liukumisen. Tutkimus on tällaisissa ta-

pauksissa ulotettava riittävän laajalle alueelle. Mikäli pohjan vaihtelut ovat äkillisiä, on tutkimuspoikkileikkauksia tihennettävä. Samoin kairauspisteitä poikkileikkauksissa lisättävä. Liian lyhyiksi jääneitä poikkileikkauksia on tarpeen mukaan jatkettava.

Tutkimus suoritetaan yleensä painokairauksena. Heijarikairaus soveltuu kovan pohjan syvyyden tarkistukseen paalupituuksien määrittelemiseksi ym.

Tutkimus on aina ulotettava ko-vaan pohjaan saakka. Korkeuksia on verrattava tarkkavaaitustasoon. Tutkimuksessa on saatava tarkoin selville maalajikerrosten laatu ja niiden vaihtumisraja. Erikoisen huolellisesti on myös tarkkailtava maalajien kairausvastusta, jotta tämän perusteella voidaan laatia kairausvastusdiagrammi. Jos pohjan maalajikerrokset ovat suurin piirtein tasalaatuisia, ei ole tarpeellista laatia kairausvastusdiagram-



Kuva 24:

Laiturin pohjatutkimus. Kaaviokuva leikkauksien sijoituksesta.

mia jokaisesta kairauspisteestä, koska kairauksen suorittaminen osittain yön-
tikairauksena nopeuttaa kairaustyötä.
Tavallisesti riittää diagrammi kairaus-
pisteissä, jotka muodostavat 10×10
m ruudukon.

Jos ovat kyseessä koheesiomaalajit
tai muuten hyvin pehmeät maalajit,
on tutkimuksen ohessa suoritettava
siipikairauksia sekä otettava maalaji-
näytteitä. Näytteillä pyritään pääasias-
sa koheesiomaakerroksien leikkauslu-
juuden selvittämiseen. Näytteet ote-
taan täten häiriintymättöminä, yleensä
2.0 m korkeuseroin.

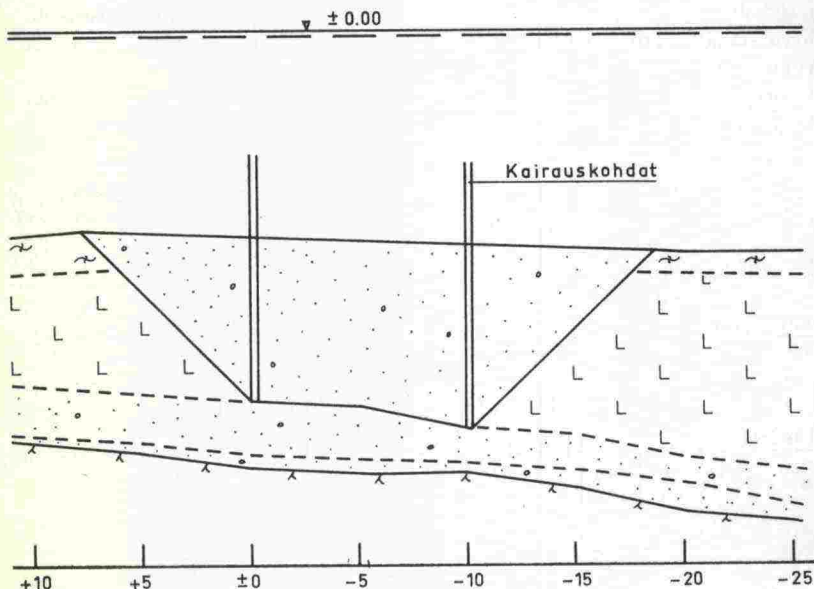
Tutkimustulokset esitetään mitta-
kaavaan 1:200 piirrettyinä poikkileik-
kauspiirroksina hyväksytyjä piirustus-

merkintöjä käyttäen. Poikkileikkauk-
siin on myös merkittävä kaikki näyt-
teenottopaikat.

1.324 TUTKIMUKSET RAKENNUSAIKAN

Edellä selostetuilla tutkimuksilla on
pohjasta saatu esille tiedot, jotka ovat
tarpeen laiturin sijoituksen määrittä-
miseksi ja rakenteen suunnittelemisek-
si. Joissakin tapauksissa edellytetään
tutkimuksia vielä toteuttamisvaiheen
aikana. Toisinaan jotkut odottamatto-
mat yllättävät seikat tai tapahtumat
vaativat jonkin yksityiskohdan eril-
listä tutkimusta.

Usein esiintyy suunnitelmia, joiden
mukaan pehmeät koheesiomaalajit on



Kuva 25:
Hiekkatäytön tarkistuskairaukset.

poistettava rakenteen alta ja useassa tapauksessa poistettavien koheesiomaalajien tilalle on vaihdettava soraa tai hiekkaa tarvittavan vakavuuden saavuttamiseksi.

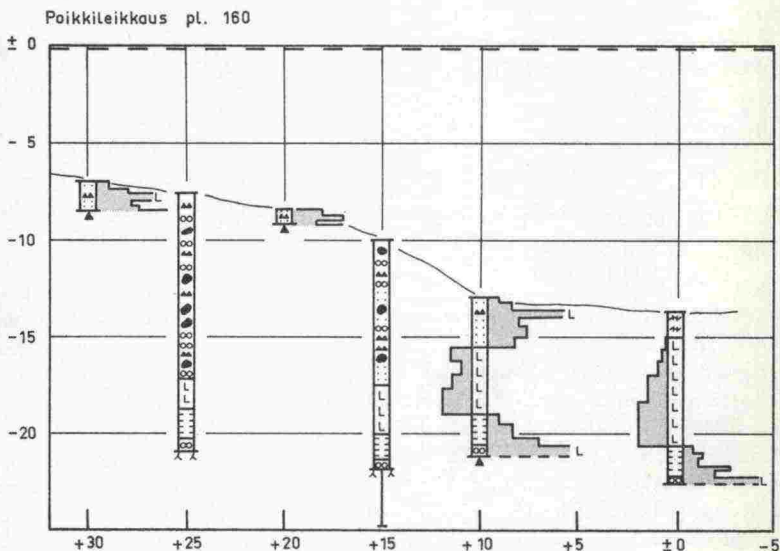
Koheesiomaan poistamisen jälkeen on ruoppauksen onnistumisen toteamiseksi suunnitelman mukaisesti tehtävä tutkimus. Yleensä tutkimukseksi riittää luotaus, jolla todetaan ruopatun uran muoto ja laajuus.

Jos on kyseessä massan vaihto ja ruoppausura on täytettävä soralla tai hiekalla ja uran reunat ovat korkeat, on hiekkatäyttö suoritettava hyvin varovasti alkaen uran pohjasta. Hiekka on valutettava uraan joko putkea pitkin tai ruoppausproomusta vain raot-

tamalla luokkuja. Pudottamalla koko proomulasti yhdellä kertaa saattaa ruoppausura tärähdyksestä kokonaan umpeutua. Hiekkatäytön tulee edistyä ohuina kerroksina pohjasta lähtien koko ruoppausuran pituudella. Hiekkatäytön onnistuminen on todettava kairaamalla ruopatun uran pohjan reunoilta (kuva 25).

Pohjan ollessa kovin vaihtelevaa saattaa joskus olla tarkoituksenmukaista ja taloudellista tarkistaa kairauksin paalupituudet tai teräsponttien pituudet ennen niiden lyömistä.

Erikoisluotaus joudutaan suorittamaan silloin, kun rakenteena on hirsiarkku ja kallion pinta vino tai muuten epätasainen. Tällöin rakennetaan



Kuva 26:

Laiturin pohjatutkimus. Suunnitellun laiturin kohdalle ajettu täytemaata.

veden pinnalle tai jälle laudasta arkun kaavio, joka täysin vastaa arkun vaakaleikkausta, ja sijoitetaan tarkalleen tulevan arkun kohdalle. Kaavion mukaan suoritetaan luotaus 0.5 m välein arkun jokaisen sekä pituus- että poikkiseinän kohdalla. Luotauksen jälkeen jokainen arkun seinä piirretään erikseen kaaviomaisesti sopivassa mitataavassa. Seinien alareuna muotoillaan luotautulosten mukaisesti. Näin saadaan arkku täydellisesti mukautumaan epätasaiseen kalliopintaan.

Kuvassa 26 on esitetty eräs erikoistutkimus. Siinä on tutkimus tehty kivipenkereen läpi. Tarkoituksena on ollut todeta, onko kivipenger painunut saven läpi kallioon saakka. Näin ei kuitenkaan ole, vaan alle on jäänyt savikerros, jossa voi syntyä liukupintoja. Kuten kuvankin esittämässä tapauksessa, joudutaan tämäntapaisissa tutkimuksissa usein käyttämään maaputki-, paineilma- tai timanttikairauskalustoa.

1.33 VESITIET

1.331 VESITEIDEN MAAPERÄ-TUTKIMUSTEN SUUNNITTELU

Tutkimusten ennakkosuunnittelua varten hankitaan tutkimuskohteesta kartta-aineisto ja aikaisemmin mahdollisesti tehtyjen maaperätutkimusten materiaali sekä suoritetaan yleensä silmämääräinen maastontarkastus. Tutkimusten ennakkosuunnitelma esitetään tutkimusohjelmassa, joka sisältää seuraavaa:

— tutkimuskohteen sijainti ja tutkitavan alueen esittäminen,

- tutkimuksen tarkoitus ja päätiedot suunniteltavasta väylästä,
- tiedot saatavissa olevasta kartta-aineistosta ja aikaisemmin suorituista tutkimuksista,
- ohjeet kenttämittauksen ja kartoituksen suorittamisesta,
- ohjeet maanpinnan korkeuden määrittämisestä,
- ohjeet maaperän laadun määrittämisestä,
- muut ohjeet,
- ohjeet tulosten esittämisestä,
- tutkimusaikataulu.

Toisinaan vesitie suunnitellaan kulkemaan kuivalla maalla. Tutkiminen voidaan tällöin suorittaa noudattaen tietutkimusmenetelmiä ottamalla kuitenkin huomioon tutkimuksen erilaisen tarkoituksen.

1.332 TUTKIMUSTEN LAATU ERI TARKOITUKSIA VARTEN

Esitutkimus suoritetaan vesialueilla, joilta ei ole maaperä- eikä syvyystietoja saatavissa etukäteen. Tutkimuksen tarkoituksena on suunnata alustava tutkimus oikeille kohdille.

Alustavalla tutkimuksella on tarkoitus selvittää kohtuullisen tarkasti pinta- ja maaperätiedot edullisimman suunnan löytämiseksi vesiväylälle yleissuunnitelmaa ja kannattavuusselvitystä varten.

Täydennystutkimuksella, joka on nimensä mukaan edellistä tiheämpi, hankitaan tarpeelliset tiedot maanpinnasta ja maaperästä rakennussuunnitelmien laatimista varten.

Sekä alustava tutkimus että täydentävä tutkimus käsittää väylän paikan

tutkimuksen lisäksi mm. läjitysalueiden ja erikoiskohteiden tutkimisen.

1.333 TUTKIMUSTEN SUORITTAMINEN JA TUTKIMUSTEN MÄÄRÄ

Geologiset yleisselvitykset

Sekä esi- että alustavaa tutkimusta edeltää geologinen yleisselvitys. Ilmakuvien käyttö lisääntynee tässä työssä huomattavasti tulevaisuudessa.

Mittaukset

Kaikki tutkimukset sidotaan tutkimuslinjoihin, jotka alustavasti voidaan suunnitella tutkimusohjelmassa, jos riittävää kartta-aineistoa on käytettävissä, mutta jotka lopullisesti määrätään maastossa. Tutkimuslinjat sidotaan maastoon riittävän kiintopistemäärän avulla, jotka on niin tehtävä, että ne kestävät ja ovat löydettävissä vuosienkin kuluttua. Kiintopisteet on pyrittävä jo tässä vaiheessa sijoittamaan siten, että niitä voidaan käyttää työkohteen paikallistamiseen koko työn ajan ja mahdollisimman vähin mittauksin sekä mieluummin vain mittanauhaa käyttäen. Suuremmat tutkimukset sidotaan valtakunnan monikulmioverkkoon.

Tutkimusalueelle tuodaan tarpeellinen määrä korkeuskiintopisteitä, joiden sijainti ja lukema merkitään tutkimuskarttaan. Kiintopiste tai -pisteet, joista korkeus on tuotu, ilmoitetaan, samoin vaaitusmenetelmä siten, että tarkkuus on arvioitavissa. Kiintopisteistä laaditaan pisteselityskortit.

Mittaukset tehdään edellä esitettyssä laajuudessa jo alustavaa tutkimusta varten. Käytetty korkeustaso ilmoitetaan.

Kartoitukset

Esitutkimuksessa käytetään jo olemassa olevia karttoja. Alustavaa tutkimusta varten valmistetaan kartat ilmakuvapohjalta, vain pienissä tutkimuksissa kenttämittausten perusteella. Yleissuunnitelmaa varten valmistetaan isommissa suunnitelmissa kartta 1:4000, pienemmissä suunnitelmissa sekä kaikkien suunnitelmien työkohteista valmistetaan kartat mittakaavaan 1:1000. Vesiväylän erikoiskohteista (sulut, sillat, johteet) valmistetaan kartat isompaan mittakaavaan.

Karttoihin merkitään vesiväylän suunnitteluun vaikuttavat kohteet maastosta.

Maanpinnan korkeuden määrittäminen

Esitutkimuksessa riittää yleensä harvahko kaikuluotaus.

Alustavassa tutkimuksessa maanpinnan korkeus määrätään 20 m ruuduissa luotaamalla tai vaaitsemalla tai 20 m poikkileikkausvälein kaikuluotaimella. Jos vierekkäisten luotauspisteiden välinen korkeusero on yli 1.0 m, luodataan korkeus tarpeellisista välipisteistä.

Täyssyvän rajat varmistetaan haraamalla. Haran pohjatangon on oltava noin 1.5 kertaa haraussyvyys. Haraustulokset merkitään karttaan.

Läjitysalueiden alustavaa suunnittelua varten riittävät yleensä korkeuskäyrin varustetut perus- tai topografi-

kartat sekä merenmittauskartat tai merikortit.

Täydennystutkimuksissa tihennetään mittausväliä tarpeen mukaan ja läjitysalueiden korkeudet mitataan samoin kuin väyläalueiden korkeudet, ellei läjitysalue karttojen perusteella ole niin syvä, ettei läjityksen aiheuttamalla madaltumisella ole merkitystä.

Käsiluotaus suoritetaan mielellään jäältä. Pehmeässä maassa on kalusto valittava niin, että maan pinta on varmasti todettavissa.

Maaperän ominaisuuksien määrittäminen

Vesiteiden suunnittelu ja rakentaminen edellyttää tietoja maan omi-

naisuuksista, joita on esitetty allaolevassa taulukossa. Samassa on esitetty tutkimusmenetelmät, joilla kyseisiä tietoja on mahdollista saada.

Kallion pinnan määrittäminen

Vedenalaisessa väylätyössä saattavat pehmeän maan, moreenin ja kallion ruoppaushinnat suhtautua ääritapauksessa kuten 1:10:100. On senvuoksi välttämätöntä saada kallion pinta mahdollisimman varmasti määrättyksi. Riippuen olosuhteista, lähinnä kallion päällä olevan irtomaan määrästä ja laadusta, kallion pinta määrätään alustavasti geofysikaalisin menetelmin tai kairaamalla ja tarkemmin kairaamalla.

Maaperän ominaisuus
Maalaji, kivilaji

Tutkimusmenetelmä
Geol. kartat
Ilmakuvakartat
Seisminen luotaus
Kaikuluotaus
Silmämäär. tark.
Kairaukset
Näytteenotto

Huom.
Alust. tutk.

—, —
—, —
—, —
—, —

Raeominaisuudet

Kaivu vaikeus, ruoppausvaikeus

Näytteenotto
Seisminen luotaus
Kaikuluotaus
Silmämäär. tark.
Kairaukset
Näytteenotto
Koekaivut ja -ruoppaukset

Alust. tutk.

—, —
—, —

Kivisyys

Sukeltajatutk.
Valokuvaus
Koekaivut ja -ruoppaukset
Vert. tutkimus lähialueen esiintymiin (koekuopat)

Leikkauslujuus

Näytteenotto
Siipikairaus
Näytteenotto ja lab.-tutkimukset

Rakenneominaisuudet

Hydrauliset ominaisuudet

Näytteenotto
Koepumppaukset
Koekaivut ja -ruoppaukset

kairaus on yleensä tehtävä raskaamalla kalustolla.

Tutkimustiheys

Esitutkimuksessa selvitetään maaperän ominaisuuksia vain harvoista pisteistä kairauksin tai silmämääräisesti. Myös hyvän kaikuluotaimen piirtämästä tuloksesta on mahdollista saada karkea käsitys pohjan laadusta (pohjeen kerroksen vahvuus).

Alustavassa tutkimuksessa tehdään tutkimuksia maaperän ominaisuuksista 80×80 , 40×40 tai 20×20 verkossa riippuen tutkimusalueen homogeneisuudesta ja suuruudesta. Laajan alueen käsittävä tutkimus aloitetaan 80×80 verkossa, jota tihennetään, jos vaihtelua maalajeissa esiintyy. Laajassa tutkimuksessa tehdään alkututkimus geofysikaalisin menetelmin $160 \dots 80$ m välisin linjoin.

Kairaus suoritetaan paino- tai heijarikairauksena tai paineilmakairauksena tutkimuspisteissä. Kairaus ulotetaan tulevan väylän pohjatason alapuolelle vähintään niin pitkälle, mikä on 20 % tulevasta väyläsyvyydestä.

Kallion pinta on tutkittava tiheimmin, jos kalliota tavataan tutkimuspisteissä tutkimustason yläpuolella.

Erikoiskairauksia ja -tutkimuksia sekä näytteenottoja suoritetaan suunnittelijan ohjeiden mukaan.

Täydennystutkimus edellyttää yleensä seuraavaa tutkimustiheyttä:

- Kairaukset vähintään 20×20 m ruudukossa.
- Kallion pinnan määrittäminen vähintään 5×5 m ruudukossa.

- Maanäytteet vähintään yhdestä näytteenottoreiästä 40 m välein väylän pituussuunnassa.
- Koheesiomaiden siipikairaukset samoin kuin edellä.
- Kivisyystutkimus 80 m välein sukeltajatutkimuksena, tutkimusalue tutkimuspisteessä vähintään 100 m^2 tai koekuopista väylän molemmin puolin $40 \dots 160$ m välein.
- Erikoistutkimukset suunnittelijan ohjeiden mukaan.

Tutkimus on ulotettava tulevan rakenteen ulkopuolelle siten, että kaikki maaperän vaikutukset tulevaan rakenteeseen (mm. luiskien kaltevuus ja pysyvyys) voidaan tulosten perusteella määrittää.

1.334 TUTKIMUSMENETELMIEN VALINTA

Käytettävät tutkimusmenetelmät määrittyvät tutkittavan kohteen maaperän ja tutkimuksen tarkoituksen mukaan. Menetelmät esitetään tutkimusohjelmassa, mutta niitä muutetaan olosuhteiden vaatiessa.

Tavallisin tutkimusmenetelmä vesiväyliä tutkittaessa on heijarikairaus paineilmakairauksella, harvakkoina paino- tai siipikairauksella ja näytteenotoilla täydennettynä.

1.335 TULOSTEN ESITTÄMINEN

Maaperätutkimusten tulokset esitetään tutkimusraportissa, johon sisältyvät:

- kirjallinen selostus tutkimuksesta, jossa selostetaan tutkimuskohteen määrittelyä ja sijaintia, tutki-

muksen tarkoitusta, aikaisempia tutkimuksia ja niiden tuloksia, kiintopisteitä, karttoja, mittauksia, tutkimusmenetelmiä, tuloksia pääosiltaan ja muita tutkimukseen liittyviä seikkoja, jotka eivät käy selville tutkimustuloksista ja joilla saattaa olla merkitystä tulosten tulkinnalle ja soveltamiselle, sekä liitteinä:

- yleiskartta,
- tutkimuskartat merkintöineen kiintopisteistä, korkeuksista ja tutkimuspisteiden sijainnista,
- kartat tutkimuslinjoista ja pisteselityskortit,
- poikkileikkaukset, joihin merkitään maanpinta, kairaustulokset, näytteenottopaikat ja ne tulokset erikoistutkimuksista, jotka poikkileikkauksissa on mahdollista selvästi esittää,
- kivisyystutkimusten tulokset,
- näytetulokset pöytäkirjoihin,
- muu tarpeellinen tutkimusmateriaali.

Ellei tutkimusohjelmassa toisin määrätä, ei tulosten tulkinta varsinaisesti kuulu tutkimusselostuksen yhteyteen. Vain yleisluonteisia toteamuksia maalajeista ja niiden ominaisuuksista voidaan esittää. Varsinaisen tulkinnan suorittaa suunnittelija ja rakentaja.

1.34 VESISTÖJEN SÄÄNNÖSTELY JA JÄRJESTELY

Tärkeimmät vesistöjärjestelyiden yhteydessä tehtävät maastotutkimukset ovat padon, penkereiden tai väylän paikkaan liittyviä selvityksiä. Ne suo-

ritetaan edellä kohdassa 1.2 esitetyillä tavoilla. Jäljempänä selostettujen erikoistutkimusten osuus jää monasti vähäisemmäksi.

1.341 ENNAKKOSUUNNITTELU

Vesistöjärjestelyiden yhteydessä tehtävien tutkimusten ennakkosuunnitteluun liittyy tutkimusta varten tarvittavien karttojen tilaus. Ranta- ja syvyystutkimuksissa vaadittava tarkkuus määrää karttojen mittakaavan. Tavallisin käytetään vesiasetuksen mukaisesti ”viralliseen tai muuhun luotettavaan kartta-aineistoon perustuvaa, mittakaavassa 1:1000...1:5000 olevaa karttaa, milloin ei ole erityistä syytä muunlaisen mittakaavan käyttämiseen.” Tutkimuskartan muodostavat yleensä mittakaavassa 1:2000 tai 1:4000 olevat ilmakuvat. Rakenteista tehdään asemapiirustus rakenneselostuksen yhteyteen. Geoteknillisiä erikoistutkimuksia vaativat alueet kartoitetaan tavallisesti mittakaavassa 1:500...1:1000.

Ennen kuin tutkimuksia kannattaa aloittaa, on myös syytä pyrkiä selvittämään se aineisto, joka mahdollisesti kunnantoinmistoissa tai virastoissa on käytettävissä. Erikoisesti jyvitysten ja vahingonarvioiden suorittamisesta ovat suurena apuna kuntien veroluokitukset, jotka monessa tapauksessa tekevät maastossa suoritettavan jyvityksen tarpeettomaksi. Nykyiset veroluokitukset perustuvat yleensä ns. pisteluokitukseen, joka verraten tarkasti ottaa huomioon erilaiset maan arvoon vaikuttavat tekijät. Sellaisenaan näitä

luokituksia ei kuitenkaan voi käyttää, koska niissä maan vettymishaitta on otettu alavilla mailla huomioon pistettä vähentävänä tekijänä. Samoin suurissa hankkeissa, jotka ulottuvat useamman kunnan alueelle, on eri luokituksia verrattava keskenään ja mahdollisesti esiintyvät tasoerot korjattava.

1.342 TUTKIMUSTEN SUORITUS

Jyvitykseen liittyvät maaperätutkimukset

Vesistöjärjestelyissä suoritetaan hyödyn ja vahingon arviot yleensä ns. kaksijyvämenetelmällä, jossa maanlaatujuvä tarkoittaa maan suhteellista arvoa maan laadun ja käyttömuodon perusteella arvioituna. Maanlaatujuvyn suuruus vaihtelee 0...1.0 ja se määritetään yleensä kymmenyksen tarkkuudella. Viljelysmailla sitä määrätessä otetaan huomioon seuraavat tärkeimmät näkökohdat:

- maan käyttömuoto,
- maan laatu,
- turvekerroksen paksuus ja maatumisaste,
- kivisyys,
- salaojitus.

Viljelyskelpoisilla mailla on lisäksi otettava huomioon raivauskustannukset.

Maanlaatujuvä määrätään yleisimmin veroluokituksen perusteella. Sen puuttuessa maan laatu arvioidaan silmävaraisesti näytteiden perusteella. Näytteen ottamiseen voidaan käyttää kannu- tai lusikkakairaa. Turvekerrok-

sen paksuus määritetään teräsrassilla, jonka tavallisin malli on 1.00...1.50 metriä pitkä, alapäästä terotettu ja yläpäästä kädensijalla varustettu 15 mm poraterästanko.

Jyvitystä varten hyöty- tai vahinko-alue kuvioidaan karttalehdittäin. Maanlaatujuvä otetaan huomioon kuivatushankkeissa hyötylaskelmissa ja kustannusten osittelua laadittaessa sekä vahingonarvioissa korvauksia määrittäessä.

Maan painumiseen liittyvät maaperätutkimukset

Kuivatusojien syvyyttä määrittäessä on otettava huomioon kuivatuksen ja viljelyn aiheuttama maanpinnan painuminen. Samoin säännöstelysuunnitelmissa otetaan huomioon turvemailla maan painuminen arvioitaessa vahinkorajan korkeutta.

Rakennetutkimuksen yhteydessä suoritettavat maaperätutkimukset

Säännöstelystä tai järjestelystä johtuvien vedenkorkeuksien vaihteluiden erilaisille rakenteille aiheuttamien haittojen estämiseksi voivat tulla kysymykseen mm. seuraavat toimenpiteet:

- teiden ja penkereiden korotukset,
- laitureiden ja rantamuurien korotukset,
- kaivojen syventämiset,
- ruoppaukset,
- vesi- ym. johtojen uusimiset,
- täytemaan ajot (uimarannat),
- perustusten uusimiset.

Maaperätutkimuksen tarkoituksena on selvittää näiden toimenpiteiden mahdollisuus ja vaikutukset. Tavallisin tulevat tällöin kysymykseen seuraavat tutkimukset:

- maaperän kantavuuden selvitykset,
- kaivuvaikeusluokan selvitykset,
- maaperän vedenläpäisevyyden selvitykset,
- maaperän routivuuden määritykset,
- maaperän eroosion selvitykset.

Kyseeseen tulevat tutkimukset suoritetaan siten kuin mainittuja tutkimuksia koskevissa kohdissa tarkemmin on selvitetty.

Vesistön pohjan laadun selvitykset

Vesistön pohjan laadun selvityksellä on merkitystä

- pengerryskuivatuksissa,
- järven laskuissa,
- vedenhankintasäännöstelyissä,
- ruoppauksissa,
- läjitysalueiden paikan määrityksissä.

Vesistön pohjan laadun määrittäminen suoritetaan tavallisimmin pistokairauksella ja lyöntikairauksella (kaivu- vaikeusluokan määrittely) sekä toisinaan näytteitä ottamalla (maalajin ym. ominaisuuksien tarkempi määrittely). Kairaukset ja näytteiden otot on edullisinta suorittaa talvella jään päältä. Painokairauksen ja/tai siipikairauksen suorittaminen tulee kysymykseen jonkin erikoistutkimuksen yhteydessä.

Uoma- ja ojalinjatutkimukset

Avouoma- ja ojalinjojen tutkimus ja suunnittelu tulee kysymykseen mm. seuraavissa tapauksissa:

- vesistön järjestelyihin liittyvissä paikallisojituksissa,
- veden johtamisessa vesistöstä toiseen,
- jätevesien johtamisessa.

Ojalinjojen maaperätutkimuksilla pyritään selvittämään seuraavat seikat:

- edullisimman vaihtoehdon selvittäminen,
- kaivu- vaikeus,
- oikea luiskan kaltevuus ja uoman syvyys,
- uoman vahvistamisen tarve,
- sopiva virtausnopeus,
- uoman yhteyteen tulevien rakenteiden perustamistapa,
- massalaskelman ja kustannusarvioiden laatiminen.

Ojalinjojen maaperätutkimuksissa käytetään normaalisti seuraavia kairausmenetelmiä:

- pisto- ja lyöntikairausta,
- painokairausta,
- tärykairausta.

Jos maaperä tutkittavalla linjalla on pehmeää ja suunniteltu väylä normaalia syvempi, selvitetään luiskan vakavuus siipikairauksen ja näytteenoton avulla.

Ojalinjan pintavaaitus suoritetaan tasaisella maalla tavallisesti 50 metrin välein. Jos maasto on epätasainen,

lyhennetään vaaituspisteiden väli 5... 10 metriin saakka. Maaperä selvitetään kairauksin jokaisesta vaaituspisteestä. Kallion esiintyessä selvitetään sen korkeus myös vaaituspisteiden välillä.

Kairaus ulotetaan tavallisesti noin 0.5 metriä suunnitellut tasausviivan alapuolelle saakka. Turvemailla selvitetään kuitenkin koko turvekerroksen paksuus.

Jos ojalinja joudutaan suunnittelemaan vaikeaan maastoon erilaisten kaltevien maakerrosten alueella, on asiallista vaaita poikkileikkauksia ja suorittaa kairauksia myös ojalinjan sivuilla ja näiden poikkileikkausten avulla selvittää ojalinjan edullisin paikka.

Luiskan kaltevuuden ja pintavesieroosion arvioimista varten selvitetään maalajit maastossa silmävaraisesti ja maakerrokset painokairauksella. Tarvittaessa otetaan maanäytteitä.

Pohjaveden pinnan korkeuden määrittäminen suoritetaan kairauksien yhteydessä.

Vesiuomien sortuminen ja niiden tutkiminen

Vesiuomien sortuminen voi tapahtua

- liukumalla,
- juoksemalla,
- pohjavesieroosion johdosta,
- pintavesieroosion johdosta.

Maaperäntutkimukset ovat tarpeen — uoman oikean muodon ja syvyyden määrittämiseksi,
— oikean vahvistusmenetelmän valitsemiseksi,

— tapahtuneen sortuman syyn selvittämiseksi.

Tarkempien maaperäntutkimusten suorittaminen on aiheellista silloin, jos uoman tai ojalinjan tutkimusten yhteydessä suoritettavat alustavat kairaukset tai muut syyt viittaavat siihen, että uoman sortuminen on mahdollista. Tarkemmin asiaa on käsitelty kohdassa 1.223. Lisätutkimukset rajoitetaan sille alueelle, jossa sortumavaara on olemassa. Todennäköisellä tai jo tapahtuneella sortumapaikalla selvitetään maalajien väliset rajat ja kovan pohjan syvyys painokairauksen ja näytteenoton avulla. Maan leikkauslujuus selvitetään näytteiden ja siipikairauksen perusteella. Mikäli pohjaveden paineellista esiintymistä on havaittavissa, pohjaveden paineen suuruus mitataan maastossa esim. pohjavesiputkien ja huokospaineen mittausten avulla.

1.343 TULOSTEN ESITTÄMINEN

Painuvien maalajien paksuus merkitään vesiasetuksen 56 § tai 65 § mukaiselle kartalle korkeusasemaa esittävän merkinnän alapuolelle. Esim. merkintä 16,60 1,4/Sa tarkoittaa, että vaaituspisteessä, jonka korkeus on 16,60, on turvekerroksen paksuus 1,4 metriä ja sen alla on savi.

Uoman ja ojalinjan tutkimuksissa maalajit esitetään pituus- ja poikkileikkauspiirustus tehdään mittakaavaan 1: 2 000/1: 100 ja poikkileikkaukset mittakaavaan 1: 100 tai 1: 200.

Kairaus- ja näytteenottotulokset esitetään siten kuin osassa I, kohta 5 on tarkemmin selvitetty.

1.35 POHJAVESI

1.351 KAIVONPAIKAN TUTKIMUKSET

Kaivonpaikan tutkimuskohteena voi olla sekä maa- että kallioperä. Veden saantimahdollisuudet irtomaapeitteestä ovat yleensä monin verroin paremmat kuin kallioperästä. Veden kyllästämistä maapeitteen osista voidaan edullisissa olosuhteissa saada yhdestä pisteestä pohjavettä jopa useita tuhansia kuutiometrejä vuorokaudessa, kun taas yhden kalliokaivon osalta antoisuus yli 250 m³/vrk on jo harvinaisen.

Irtomaapeitteen vesivarat ovat etukätestutkimuksin — niin veden laadun kuin määränkin suhteen — luotettavasti selvitettävissä. Kallioperän vedenantoisuutta ja -laatua ei ennakolta voida kohtuullisin kustannuksin yksityiskohtaisesti selvittää, mutta useissa tapauksissa voidaan kallioperän rakennetutkimuksilla saada arvokkaita viitteitä antoisuuden suhteen edullisimmista kaivonpaikoista.

Nämä tutkimusohjeet on laadittu lähinnä pienehköjen, antoisuudeltaan alle 250 m³/vrk olevien, irtomaapeitteeseen liittyvien kaivonpaikkojen tutkimuksia varten. Kun tähän antoisuusluokkaan kuuluvat myös kallionsyväkaivot, käsitellään lopuksi suppeasti myös näihin liittyviä havaintoja.

Tutkimuskohteiden valinnassa huomioonotettavia näkökohtia

Maaperässä esiintyy runsaasti pohjaveden kyllästämiä osia, jotka kokoa-

vat valuma-alueillaan muodostuvia pohjavesiä. Kaivonpaikan tutkimukset kohdistetaan aina tällaisille pohjaveden pysyvästi kyllästämillä alueilla.

Arvioitaessa jonkin alueen soveltuvuutta vedenhankintaan on kiinnitettävä huomiota seuraaviin pohjavesikaivon paikalle yleisesti asetettaviin vaatimuksiin:

— Ko. paikalta on pohjavettä saatavissa jatkuvasti haluttu määrä ja paikan hetkellinen vedenantoisuus on riittävän suuri. Tämä edellyttää, että kaivonpaikan maaperä on vähintään kahden, mutta mieluummin yli 4 m vahvuudelta pysyvästi veden kyllästämä, ts. maaperässä on varastoituneena riittävän suuri vesimäärä, joka turvaa vedensaannin myös kuivina kausina. Vedenoton jatkuvuuden turvaamiseksi sen veden, mitä kaivon varastoaltaasta otetaan, täytyy korvautua vuosittain alueella muodostuvalla pohjavedellä. Kaivon valuma-alueeseen täytyy siten liittyä tarvittava määrä pohjavettä muodostavia alueita. — Pelkän varastoituneen pohjaveden varaan voidaan harkita vain lyhytaikaista, korkeintaan muutaman vuoden pituista vedenottoa.

Kaivonpaikan vedellä kyllästettyjen kerrosten täytyy olla niin hyvin vettäläpäiseviä, että kaivosta saadaan ilman hydraulisen muruman vaaraa hetkellisesti suurinta tarvetta vastaava vesimäärä.

— Pohjaveden puhtaana säilyminen on jatkuvasti mahdollista. Tämä edellyttää, ettei kaivon vaikutusalueella ole sellaisia likaavia koh-

teita, joiden haittavaikutusta maaperän puhdistuskyky ei pysty poistamaan (ks. tarkemmin kohta 1.352).

— Kaivon rakentaminen on mahdollista. Kaivonpaikan tutkimuksia suoritetaan vain sellaisilla alueilla, joissa maanomistussuhteiden, rauhoitusmääräysten tms. suhteen tarvittavat edellytykset ovat olemassa. Toisaalta kaivon rakennustyö esim. pehmeikköalueilla voi aiheuttaa tarpeettomia lisäkustannuksia, jotka kaivonpaikan oikealla valinnalla voidaan väistää.

— Vedenotto ei aiheuta vedensaannin vaikeutumista tai muita haittoja ympäristössä. Erityisesti runsaan vedenoton olessa kyseessä voi pohjaveden pinnan aleneminen aiheuttaa ympäristössä haittavaikutuksia, jotka hankkeen toteuttaja joutuu vesilain edellyttämällä tavalla korvaamaan.

Vedensaannin kannalta ovat merkityksellisimmät mannerjäätikön sulamisvesien kasaamat hiekka-soramaalajit, jotka pintamaalajeina esiintyessään muodostavat pohjavettä keskimäärin 20...40 % vuotuisesta sademäärästä (vedenhankintatutkimuksissa tavallisesti käytetty arvio). Näiden vedenläpäisevyys ja vesivarastot ovat kaivorakenteita ajatellen yleensä riittävän suuret ja käyttöön saatavissa olevat vesimäärät ovat siten riippuvaisia lähinnä k.o. maalajeja käsittävän alueen laajuudesta.

Pohjavettä voidaan saada myös moreenimaalajeista, runsaimmin silloin, kun niihin liittyy ainakin pai-

kallisesti lajittuneita hiekkamaalajeja. Moreenimaiden osalta arvioidaan pohjavettä muodostuvan keskimäärin 10...15 % vuotuisesta sademäärästä. Moreenimaiden kaivojen antoisuudet ovat yleensä alle 100 m³/vrk.

Käytännössä vain em. maalajeilla on merkitystä pohjavesikaivon paikkaa määritettäessä. Tällöin on otettava huomioon, että paitsi pintamaalajeina niitä esiintyy myös tiiviiden maakerrosten peittäminä mm. laaksoalueilla.

Alustavat selvittelyt

Tutkimusten ohjelmointia varten tarvitaan vedentarpeesta seuraavat tiedot:

- jatkuva vedentarve 1/min tai m³/vrk,
- hetkellisesti suurin vedentarve 1/min,
- vedentarveajanjakso, jos kaivon käyttö tulee olemaan tilapäinen,
- veden laatuvaatimukset.

Karttatarkastelun avulla pyritään määrittämään vedentarvekohteen läheisyydessä olevat

- pohjaveden todennäköisesti osittain tai kokonaan kyllästämät maaperän osat (pohjaveden keraantymisaltaat),
- lähteet tai mahdolliset lähdepurot,
- maaperän laatu,
- pohjavesialtaisiin liittyvät pohjaveden muodostumisalueet ja niiden laajuus (lähinnä silloin, jos vedentarve on jo vähintään 10 m³/vrk). Näiden pohjavesivirtaama, joka olosuhteista riippuen on ainakin osittain käyttöön saatavissa, laske-

taan muodostumisalueen pinta-alan ja arvioidun imeytymisprosentin perusteella.

Edellisen perusteella valituissa koh-teissa pyritään maastontarkastelulla ja mittauksin selvittämään

- maaperän laatu ja rakenne
- pohjaveden pinnan korkeus
- pohjaveden purkautumissuunnat ja maanpinnalle mahdollisesti purkau-tuvat vesimäärät. Virtaamamittauk-sia kannattaa useissa tapauksissa suorittaa, paitsi lähteissä, myös sellaisissa pienissä puroissa, joissa vesimäärä on tutkimusaikaan ja valuma-alueeseen nähden normaalia suurempi. Mittaukset suoritetaan puron eri kohdista ja samalla mi-tataan veden lämpötila. Pohjave-den lämpötila on vuodenajasta riippumatta tavallisimmin $+5 \dots 6^{\circ}\text{C}$, millä perusteella varsinkin kesäaikana on mahdollista arvioida purkautuvan pohjaveden osuus vir-taamasta.

Alustavien selvittelyjen perusteella valitaan varsinaiset maastontutkimus-kohteet, hankitaan näiden osalta tut-kimusluvut ja laaditaan maastotyö-ohjelma.

Maastotutkimukset

Kairaukset. Kairaukset suoritetaan tavallisesti lyönti- tai painokairauk-sena, yleensä hajapistekairauksina.

Kairauksilla pyritään selvittämään pohjaveden pinnan alapuolella olevien irtomaakerrosten paksuus ja laatu, eri-tymisesti vettäläpäisevät kerrostumat.

Pohjavesiputket ja alustavat pump-

paukset. Kairausten perusteella edulli-simpiin pisteisiin lyödään läpimitaltaan 32 tai 50 mm, 1...2 m siiviläosalla varustettuja pohjavesiputkia, joista ly-hyellä pumppauksella (~ 2 h) kokeil-laan maaperän vedenantoisuus eri sy-vyyksiltä. Mikäli putkesta saadaan vettä vähintään 30...50 l/min, ja veden pinta palautuu pumppauksen jälkeen suunnilleen alkuperäiseen ase-maansa pumppausjaksoa vastaavana aikana, on varsinaisen koepumppauk-järjestämiseen maaperän vedenantoi-suuden puolesta tyydyttävät edellytyk-set. Mikäli antoisuus on em. pienem-pi, voi koepumppauksen järjestely muodostua vaikeaksi. Tällöin pump-pauksen tarkoituksenmukaisuus ja pi-tuus riippuvat lähinnä vedentarpeesta.

Alustavien pumppausten yhteydessä otetaan vesinäytteet laboratoriotutki-muksia varten.

Koepumppaus. Koepumppauksella pyritään selvittämään paikalta jatku-vasti saatava vesimäärä ja veden laatu niin luotettavasti, että kaivon raken-nustyölle on saatu riittävän varmat perusteet. Koepumppauksen järjestely on esitetty osassa I, kohta 5.62.

Kaivonpaikan tutkimusten yhteydes-sä tarvittava havaintoputkiverkosto ra-kennetaan tavallisimmin seuraavasti: 1 havaintoputki sijoitetaan koepump-pauspaikalle. Lähialueelle sijoitetaan havaintoputkia kahteen toisiinsa näh-den kohtisuoraan, pumppauspaikan kautta kulkevaan linjaan (maaperän rakenteesta riippuen). Toinen linja pyritään sijoittamaan kuviteltujen pohjaveden pinnan korkeuskäyrien (tangenttien) suuntaiseksi, toinen niitä vastaan kohtisuoraan.

Jos koepumppauksen tuotto on alle 50 l/min, riittää tavallisesti pumpppauspaikalla olevan putken lisäksi 4 havaintoputkea, jotka sijoitetaan pumpppauspaikalta 30 ... 50 m etäisyyteen. Tuoton ollessa em. suurempi putkilinjoja jatketaan kuhunkin suuntaan, lyömällä lisäputki edellisestä 50 ... 100 m etäisyyteen.

Putket on lyötävä samaan vettä joltavaan kerrostumaan, mistä pumpppaus tapahtuu.

Koepumppauksen tuoton pitäisi olla, mikäli mahdollista, ainakin kaksinkertainen vedentarpeeseen nähden, jolloin sen pituus määräytyy tavallisesti seuraavasti:

Veden tarve l/min	Pumppauksen pituus vrk
alle 50	7 vrk
50 ... 100	10 „
100 ... 200	15 „
200 ... 300	25 „

Mikäli pumppauksen tuotto jää vedentarpeeseen nähden em. pienemmäksi, pidennetään vastaavasti pumpppausaikaa.

Koepumppauspaikan todennäköisellä vaikutusalueella suoritetaan kaivohavainnot (kuva 27), joihin sisältyvät myös säännölliset vedenkorkeusmitaukset.

Koepumppauspaikalta laaditaan aina asemapiirros 1:500 ... 1:1000 (kuva 28), josta tulee ilmetä mm:

- maaston korkeussuhteet,
- tilojen rajat, nimet ja rekisterinumerot,
- kaikki tällä alueella olevat tutkimuspisteet. Suunnitellun kaivon

paikka esitetään asemapiirroksessa tarkoin sidontamitoin ja kairaus-tuloksineen.

Laboratoriotutkimukset

Vesinäytteitä otetaan edellä mainittujen lisäksi myös koepumppauspaikalta pumppauksen alussa, lopussa sekä mikäli pumpppausaika on yli 7 vrk, lisäksi kerran viikossa. Näytepul-lojen lähetelapusta tulee ilmetä:

- näytteenottopaikka ja aika,
- näytteenottaja,
- veden lämpötila,
- pumppauksen tuotto ja siihenastisen kesto aika,
- suoritettavat laboratoriotutkimukset (tavallisimmin juomakelpoisuus),
- kenelle tulokset lähetetään.

Tulevan kaivon paikalta otetaan vettäjohtavasta kerroksesta, tavallisimmin vesi- tai paineilmauhutelmalla maanäytteet, alkaen 1 m pohjavedenpinnan yläpuolelta, vähintään 1 m välein vettäjohtavan kerrostuman pohjaan saakka. Näytteistä tutkitaan laboratoriossa rakeisuus sekä määritellään ns. tehokas raekoko d_{10} ja raekokosuhte d_{60}/d_{10} .

Tutkimuspöytäkirjat ja tulosten esittäminen

Kaikki tutkimuspisteet merkitään kartoille ja varustetaan esim. juokse-valla numerolla. Maastohavainnot merkitään päiväkirjaan, lukuun ottamatta erillisiin pöytäkirjoihin merkittäviä tietoja. Näitä ovat:

KAIVOHAVAINTOLOMAKE

Tutkimustyön tilaaja _____ Tutkimusaika _____
 Havaintojen tekijä _____ Työ n:o _____

Kaivon omistaja _____ Tilan nimi _____
 Omistajan osoite _____ RN:o _____
 Kunta _____ Kylä _____
 Tietojen antaja _____

Kaivon tyyppi _____ Kaivon n:o _____
 Kannen korkeus _____ m Kunto _____
 Vedenpinnan korkeus _____ m Sisäläpimita _____ m
 Pohjan korkeus _____ m Pumpputaji _____
 Maalajikerrokset _____
 Kaivon rakentamisaika _____ Syvennetty _____
 Kunnostettu _____

Veden käyttötarkoitus _____ Veden käyttö _____ m³/vrk
 Veden laatu _____ Haju _____
 Todetut virheellisydet _____ Maku _____
 Vesinäytteet _____
 Vedenottopaikan sijainti _____ m mereen/jokeen/järveen
 _____ m käymälään/lantalaan
 _____ m pumpauspaikkaan/vedenottamoon

Vedenpinnan vaihtelut vuodenaikojen
 yms. mukaan _____
 Veden riittävyys _____
 Pääseekö pintavesi kaivoon ja miten _____

Pohjavedenoton vaikutus
 - omistajan ilmoituksen mukaan _____
 - koepumppaushavaintojen mukaan _____

Ehdotetut toimenpiteet
 - kaivon syventäminen _____ m tasolle + _____
 - uusi kaivo pisteeseen _____
 - liittyminen vesijohtoverkkoon _____

Huomautuksia _____

_____ :ssa _____ kuun _____ päivänä 19 _____

Kuva 27:
 Kaivohavaintolomake.

- kairaustulokset,
- vedenkorkeus- ja vesimäärähavainnot,
- kaivohavainnot,
- mittaus- ja vaaitustulokset.

Tulosten käsittely ja lausunto

Tulosten käsittelijä laatii maaston-tutkimuspöytäkirjojen perusteella lopulliset tutkimuskartat ja liitteet, joi-na tavallisimmin tulevat kysymykseen:

- yleiskartta 1:100 000: tutkimus-kohde,
- tutkimuskartta 1:4000 ... 1:20 000: kaikki maastohavaintopisteet ja niiden korkeudet (yleensä vedenkorkeushavaintopaikat); kairauspisteet tuloksineen,
- asemapiirros 1:500 ... 1:1 000,
- koepumppauspiirros: laaditaan vedenkorkeushavaintojen perusteella osan I kohdassa 4.62 esitetyn mukaisesti,
- maanäytteiden laboratoriotutkimus-tulokset: rakeisuuskäyrät ja muut koetulokset,
- vesinäytteiden tutkimustulokset: eri määritysten tulokset ja vesilaboratorion lausunto,
- kairaustulokset: asemapiirroksen alueelta leikkaukset; korkeus 1:100 tai 1:200, pituus 1:200 ... 1:1 000. Leikkauspiirustuksesta on esimerkiksi kuvassa 29. Tutkimusalueen muista osista saadut kairaustulokset merkitään em. tutkimuskartalle,
- kaivohavainnot: maastohavainto-lomakkeiden mukaisesti täytettynä.

Lopullisesta lausunnosta tulee karttojen ja liitteiden ohella ilmetä:

- tutkimuksen suorittaja, paikka ja tutkimusaika,
- tutkimuksen tarkoitus ja veden-tarve,
- selostus suoritetuista tutkimuksista ja niihin liittyvistä havainnoista, erityisesti mahdollisista haittavai-kutuksista,
- arvio saatavissa olevasta pohjavesi-määrästä.

Varsinainen vedenottosuunnitelma kaivon mitoituksineen laaditaan em. lausunnon perusteella.

Kalliosyväkaivot

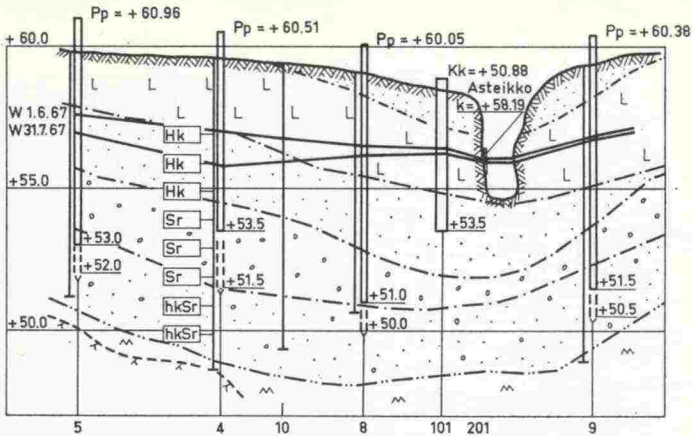
Kalliokaivoon turvaudutaan siinä tapauksessa, ettei vedentarvekohteen läheisyydessä olevista irtomaakerroksista ole saatavissa pohjavettä tarvetta vastaavasti.

Pieniä, muutaman kuutiometrin vesimääriä vuorokaudessa saadaan lähes kaikkialta kallioperästä. Kalliosyväkai-vojen vedenantoisuus on varsin yleisesti useita kymmeniä kuutiometrejä vuorokaudessa, jos porausvyvyys on riittävä (50 ... 100 m).

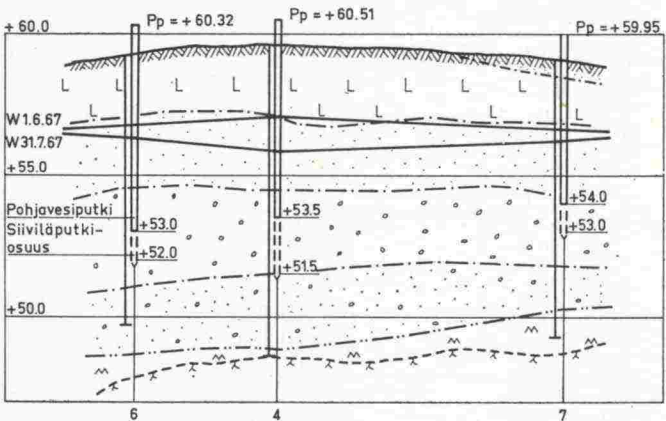
Vedensaantiin ovat parhaat edellytykset kuitenkin kallioperän rikkoutumavyöhykkeiden alueilla, joihin liittyy yhtenäisiä rakoilusysteemejä. Vedenjohtamismäkökohtien sallimissa puitteissa kalliosyväkaivo pitäisi pyrkiä sijoittamaan tällaiselle alueelle erityisesti, jos vedentarve on em. suurempi.

Lähinnä kysymykseen tuleva tutkimusmenetelmä on heikkousvyöhykkeiden geologinen kartoitus ilmakuva- ja maastohavaintojen avulla. Rikkoutumavyöhykkeiden paikallistamisessa tulee kysymykseen myös seisminen luotaus.

LEIKKAUS A-A



LEIKKAUS B-B



Kunta	PYHÄJÄRVI
Työ	KAIVON PAIKAN TUTKIMUS AHVENJOELLA
Piirustus	LEIKKAUKSET A-A JA B-B KOEPUMPPAUSPAIKALTA
Tutkija	MATTI MÄKINEN
Suhde	1:1000 / 1:100
Päiväys	HELSINKI 26.1.1968

Kuva 29:
Kaivonpaikan tutkimus, leikkauspiirros.

1.352 POHJAVEDEN SUOJAUS

Seuraavassa käsitellään pohjaveden suojaustoimenpiteiden suunnittelun vaatimia maaperätutkimuksia. Varsinaisten suojaustoimenpiteitten suunnitteluperusteita on käsitelty osassa IV.

Maastotutkimukset suoja-alueiden suunnittelua varten

Maastossa on suoritettava moninaisia tutkimuksia, ennen kuin voidaan laatia pohjavedenottamoa varten suoja-alue-suunnitelma. Tutkimusten alkuvaiheessa on selvítettävä, missä määrin voidaan käyttää hyväksi alueella jo aikaisemmin muita tarkoituksia varten tehtyjä maastotutkimuksia. Ottamon valuma-alueelta on hankittava tarkat, maanmittauskonttorin aineistoon perustuvat kartat (mittakaava 1:2 000 ... 1:5 000), joista ilmenevät kaikki tilat, tilojen rajat ja rekisterinumerot. Tähän liittyvänä laaditaan vesiasetuksen mukainen luettelo tilojen omistajista osoitteineen ja maankäytön muodoista pinta-aloineen. Sen jälkeen tehdään valuma-alueen maaperäkartoitus, jossa kiinnitetään erikoista huomiota pintakerrosten läpäisevyyteen.

Yleensä lyönti- tai painokairauksien avulla määritetään tiiviiden ja hyvin suojaavien tai hyvin puhdistavien pintakerrosten paksuus. Tähän tarkoitukseen soveltuu vielä paremmin kierrelapio- tai pienoismäntäkaira, koska siten voidaan paremmin määrittää häiriintyneistä näytteistä maastossa silmävaraisesti maalaji.

Mikäli on tehtävänä selvittää lähi-suojaovyöhykkeen tarpeellinen laajuus

pohjavedenottamoa varten, on aiheellista tutkia myös pohjaveden virtausnopeuksia kaivon eri puolilla sellaisissa olosuhteissa, jolloin laitos toimii täydellä tehollaan. Pohjaveden virtausnopeuden määrittämisessä tulee kysymykseen erilaisten väriaineiden, suolaliuosten tai radioaktiivisten isotooppien käyttö. Menetelmiä ei kuitenkaan voida tässä yhteydessä yksityiskohtaisemmin käsitellä.

Pohjavedenottamon suoja-alue-suunnitelmaa varten on maastossa myös inventoitava kaikki pohjavettä mahdollisesti saastuttavat kohteet, kuten öljysäiliöt, kaatopaikat, viemärit jne. ja suunniteltava niiden osalle sopivat suojaustoimenpiteet. Pohjaveden pinnan korkeuden määrittelyä varten on ottamon valuma-alueelle juntattava muutamia pohjavesiputkia. Näistä sekä alueen kaivoista vaaitaan pohjaveden pinnat, jolloin saadaan selville pohjaveden pinnan korkeuskäyrästä ja pohjaveden virtaussuunnat.

Muiden rakennushankkeiden yhteydessä tehtävät maastotutkimukset pohjaveden suojaamiseksi

Ennen kuin voidaan laatia tarvittavista pohjaveden suojatoimenpiteistä suunnitelma, on maastossa suoritettava maaperä- ja pohjavesitutkimuksia. Maastotutkimusten laatu, laajuus ja tarkkuus määräytyvät kussakin tapauksessa erikseen, sillä selvítettävien seikkojen luonne vaihtelee. Jokaista hanketta varten on erikseen laadittava yksityiskohtainen tutkimusohjelma. Seuraavassa käsitellään lyhyesti eräitä usein toistuvia selvityksiä.

Ensimmäisenä työvaiheena on tavallisesti kaikkien projektin vaikutusalueella esiintyvien pohjavesikaivojen inventointi. Luetteloinnissa voidaan käyttää kohdassa 1.351 esitettyä kaavaketta. Samalla selvitetään, onko jotakin pohjavedenottamoa varten suunniteltu tai jo vahvistettu suoja-alue ja millaiset maankäytön rajoitukset suoja-alueen eri vyöhykkeille on määrätty. Tämän jälkeen tehdään suunnittelun kohteen sekä kaivojen välisellä alueella maaperän kartoitus (osa I kohta 4.12), jossa kiinnitetään huomiota pintakerrosten läpäisevyyteen. Pohjaveden pinnan ja pohjaveden virtaussuuntien selvittely on tavallisesti myös tehtävä (osa I kohta 4.61). Erikoista huomiota on tällöin kiinnitettävä paineelliseen pohjaveteen maaleikkauksissa, jotta työn aikana ei syntyisi haitallisia pohjaveden purkautumispaikkoja.

Maaperäsuhteiden selvittämiseksi on tutkittavalla alueella tehtävä tavallisesti sekä painokairauksia että pistoja lyöntikairauksia. Kairauspisteiden tiheys joudutaan ratkaisemaan kussakin tapauksessa erikseen.

Em. selvittelyjen jälkeen voidaan arvioida, ulottuuko hankkeen vaikutusalue jonkin pohjavesikaivon valuma-alueelle.

Jos alueella on pelättävissä pohjaveden pinnan alenemista rakennusvaiheessa, on aiheellista järjestää jo tutkimusvaiheessa säännölliset pohjaveden pinnan korkeushavainnot sekä kaivoista että maahan juntattavista pohjavesiputkista. Yksinomaan kaivot ovat havainnon kohteina heikkoja, koska eräissä tapauksissa niiden ve-

denpinta vaihtelee voimakkaasti eri päivinä ja eri vuorokauden aikoina vedenkäytön mukaan. Vedenkorkeushavainnot tulisi suorittaa säännöllisesti esim. 1...2 kertaa kuussa sekä suunnitteluvaiheessa, rakennusvaiheessa että myös työn päätyttyä. Mitä pitempiäaikaisia havainnot ovat, sitä helpompi niistä on arvostella rakennushankkeen mahdollista vaikutusta. Sama koskee myös pohjaveden laadun muutosten tarkkailua. Vesinäytteitä tulisi ottaa sekä kaivoista että pohjavesiputkista. Monet yksityisten pohjavesikaivot ovat rakenteeltaan niin heikkoja, että niihin pääsee likaisia pintatäi muita vesiä, jolloin luonnollisen pohjaveden laadun muutosten arviointi yksinomaan kaivoista otettujen vesinäytteiden perusteella on hankalaa. Kaivovesien näytteet tulisi yleensä ottaa kuivana vuodenaikana, jolloin sadeiden ja lumensulamisvesien vaikutus olisi vähäisin. Kaivovesinäytteiden ottoon sopivimmat vuodenajat ovat kevättälvi (maalis-huhtikuu) sekä loppukesä (heinä-elokuu).

1.353 POHJAVEDEN PINNAN ALENTAMISMAHDOLLI- SUUKSIEN SELVITTELY

Rakenteiden perustamistyöt pyritään suorittamaan kuivassa kaivannossa, mikäli siihen suinkin on mahdollisuuksia. Pohjaveden pinnan ollessa korkealla vedentulo peruskaivantoihin voi maassamme usein, varsinkin läpäisevissä kitkamaissa olla niin voimakasta, että kuivanapidossa on ryhdyttävä jo etukäteen erikoistoimenpiteisiin. Runsaasta, yllättävästä vedentu-

lostaa on paljon haittaa perustamistöiden suorittamiselle, mutta lisäksi pohjaveden purkautumisen vuoksi maapohja löyhtyy ja häiriintyy kaivutöiden yhteydessä, varsinkin siltimaissa, niin että maan lujuus alenee ja maa muuttuu juokseväksi. Aina, kun peruskuoppa on ulotettava pohjaveden pinnan alapuolelle, varsinkin silti- ja kitkamaissa, olisi selvittettävä jo hankkeen tutkimusvaiheessa pohjaveden pinnan alentamismahdollisuudet, jottei rakennustyön aikana tulisi yllättäviä kuivanapitovaikeuksia, joista aiheutuu usein huomattavia lisäkustannuksia asian paljastuttua vasta työn aikana. Rakennustyön aikana tapahtuvan pohjaveden pinnan tilapäisen alentamisen ohella tulee toisinaan kysymykseen myös pohjaveden pinnan pysyvä laskeminen esim. rakenteen perustusten salaojaverkoston ja pumppuamon avulla.

Maastotutkimukset

Rakennuspaikalla ja sen ympäristössä on aluksi selvittettävä maanpinnan korkeussuhteet, pohjaveden pinta ja siten rakennuskuopan kuivatusmahdollisuudet avo- tai salaojien rakentamisen avulla. Mikäli kuivatukseen ei ole mahdollisuuksia ojituksella, on tutkittava mahdollisuudet pohjaveden pinnan alentamiseen pumppuamalla. Pumppuaminen voi tapahtua joko suoraan avonaisesta kaivannosta tai kaivannon pohjatason alapuolella olevista siiviläputkista taikka putkikairoista. Jälkimmäiset menetelmät edustavat varsinaista pohjaveden pinnan alentamista etukäteen ja tässä käsitellään lähinnä sitä.

Pumppaukseen ja sen aiheuttamaan pohjaveden pinnan alentamiseen voidaan ryhtyä mm. seuraavien, siitä aiheutuvien etujen vuoksi:

- hydraulisen pohjan murtuman ja ylösnousun estäminen,
- maan kantavuuden parantaminen pysyvästi alennettaessa,
- luiskien vakavuuden parantaminen,
- ponteille aiheutuvan paineen vähentäminen,
- tarvittavan ilmanpaineen vähentäminen perustettaessa kasuuneille paineilman avulla,
- muut tarkoitukset, kuten veden pumppaus pohjavedenotto-amoilla, jäähdytys jne.

Rakenteiden perustamista varten tehtyjen erilaisten kairausten sekä maanäytteiden laboratoriotutkimusten tulokset palvelevat myös pohjaveden pinnan alentamismahdollisuuksien selvittelyä. Kairausten avulla pitäisi lähinnä selvittää rakennuskuopan ympäriltä, perustamistason alapuolelta, mahdolliset karkeat maakerrokset, joista pumppuamalla ehkä voitaisiin pohjaveden pintaa rakennuspaikalla alentaa. Maanäytteiden rakeisuus- ja vedenläpäisevyystutkimukset helpottavat asian arvostelua. Paikalla suoritettavat vedenläpäisevyyskokeet antavat kuitenkin edellistä luotettavimmat tiedot kysymyksen selvittämiseksi. Toisinaan on tarkoituksenmukaista järjestää rakennuspaikalla koepumppaus, jonka avulla pyritään selvittämään joko sellainen pumppauksen tuotto, jolla vedenpinta alenee toivottuun tasoon tai veden pinnan alenemisnopeus erilaisilla tuotoilla pumputtaessa. Pump-

paustuloksista voidaan myös päätellä, minkälaisella kalustolla pohjaveden alentaminen on mahdollista. Ennen koepumppausta on juntattava pohjaveden pinnan tarkkailua varten pohjavesiputket rakennuspaikan eri puolille. Pohjaveden pinnan korkeushavain-toja on tehtävä myös lähiympäristön kaivoista ennen pumppausta, pump-pauksen aikana ja sen päätyttyä.

Pohjaveden pinnan alentamisesta saattaa aiheutua ympäristöön mm. seuraavia haitallisia vaikutuksia:

- puupaalujen tai puuarinoiden lahoaminen rakenteiden perustuk-sissa,
- rakenteiden ja maan painuminen,
- luiskien vakavuuden heikkenemi-nen, lähinnä koheesiomaissa veden-alaiseen kaivuun verrattuna,
- passiivisen maanpaineen pienene-minen esim. pontituksen reunalla ja aktiivisen maanpaineen lisäänty-minen pumputtaessa pontituksen sisäpuolelta,
- pohjavesikaivojen vedenantoisuu-den heikkeneminen,
- pohjavesieroosio.

Tutkimusaikana on selvitettävä poh-javeden pinnan alentamisesta aiheutu-vat kaikki haitat, jotka rakentaja jou-tuu korvaamaan. Usein vahinkoja ei sallita ollenkaan, vaan on tutkittava myös mahdollisuudet vahinkojen estä-miseksi tai lieventämiseksi. Tällaisten vahinkojen estämisessä tulee joskus kysymykseen pumputun pohjaveden imeyttäminen takaisin maahan sellai-sella alueella, missä suurimmat vahin-got saattaisivat syntyä.

Mikäli lähiympäristössä on puupaa-luille, puuarinalle taikka kokoonpuris-tuvien maakerrosten varaan perustet-tuja rakenteita, on havaintoputkien avulla tarkkailtava, alentaako tulevalle rakennuspaikalla tehtävä pohjaveden pinnan alennus myös näiden rakentei-den kohdalla pohjaveden pintaa. Mi-käli näin tapahtuu, saattaa vanhoihin rakenteisiin syntyä ikäviä vaurioita, varsinkin, jos on kysymyksessä pysyvä pohjaveden pinnan lasku.

Pohjaveden pintaa alennettaessa saattavat lähiympäristössä kaivot kui-vua tai ainakin niiden vedenantoisuus heikkenee. Läpäisevillä harjualueilla vaikutus saattaa ulottua ympäristöön huomattavan kauaksi ja nopeasti. Vai-kutusalueen laajuus on riippuvainen maakerrosten vedenläpäisevyydestä, pohjaveden pinnan alentamisen suu-ruudesta sekä alentamisen kestoajasta. Harjualueilla omakotitalojen kaivot ovat tavallisesti niin matalia, että vettä on normaalisti vain noin 0.5 m. Tällöin jo 30 cm suuruinen pohjave-den pinnan lasku aiheuttaa haittoja, koska vesi nostetaan usein sangolla. Vaikka peruskaivantojen kuivanapi-dossa joudutaan alentamaan vain tila-päisesti pohjaveden pintaa, ehkä muu-taman kuukauden pituiseksi työajaksi, niin vaikutus saattaa jo tällöinkin ulottua laajalle alueelle, puhumatta-kaan pysyvästä pohjaveden pinnan las-kusta.

Kun vesi virtaa maaperän läpi, pyr-kii se kuljettamaan mukanaan hienoja maa-aineksia. Tätä kutsutaan pohjave-sieroosioksi. Kun rakennuskuopassa pumputaan, saattaa veden mukana kulkeutua maa-aineksia esim. läheisellä

tontilla olevan rakennuksen alta. Tällöin maakerrosten huokoistilavuus lisääntyy ja syntyy yläpuolisten maakerrosten ja niille perustettujen rakenteiden haitallisia painumia. Tällaisten vahinkojen mahdollisuudet ja niiden estäminen esim. suodatinkerrosten avulla on myös selvitettävä pohjaveden pinnan alentamista tutkittaessa. Tällöin on inventoitava kaikki mahdollisesti vahingoittuvat rakenteet sekä tutkittava niiden ja rakennuskuopan väliset maakerrokset kairauksien ja maanäytteiden avulla.

Tulosten esittäminen

Tutkimustulosten esittämisessä käytetään osassa I esitettyjä geoteknillisiä piirustusmerkintöjä. Tutkimuksia tehdään yleensä muistakin syistä ja kaikki tutkimustulokset yhdistetään yhtenäiseksi asiakirjasarjaksi, johon erityisesti pohjavedenpinnan alentamismahdollisuuksien selvittämiseksi tulee tavallisesti sisältyä yleiskartta 1:20 000, tutkimuskartta 1:2 000 ... 1:4 000, asemapiirros 1:200 ... 1:500, kairauslinjojen leikkaukset 1:200 sekä vedenläpäisevyyskokeiden tai koe-pumppausten ja maanäytteiden laboratoriotutkimusten tulokset. Tutkimuskartoilla on esitettävä myös kaikki ne kohteet, joille pohjaveden pinnan alentaminen saattaa aiheuttaa haittoja. Jokaisen tällaisen rakenteen osalta on liitteissä esitettävä yksityiskohtainen selostus.

Tulosten käsittely

Maasto- ja laboratoriotutkimusten perusteella tehdään laskelmat pohjave-

den pinnan alentamismahdollisuuksista ja vertailut edullisimman alentamismenetelmän valitsemiseksi. Tähän sisältyvät myös arviot pumputtavista vesimääristä ja pohjaveden pinnan alentamisen vaikutuksista lähiympäristöön. Tällöin joudutaan tekemään myös suunnitelmat ympäristössä aiheutuvien vahinkojen estämiseksi tai vähentämiseksi.

Pohjaveden pinnan alentamismenetelmiä on käsitelty osassa IV.

1.36 SIIRTYMÄKIILAT

Tienrakennuksen yhteydessä tarkoitetaan ns. siirtymäkiilalla tien routivuus- ja kantavuuserojen tasaamiseksi sekä niistä aiheutuvien epätasaisten routimismousujen tai painumien välttämiseksi tehtävää kiilamaista rakennosaa. Siirtymäkiilalla on yleensä rakennettava routivan ja routimattoman alusrakenteen, kalliopohjan ja maa-pohjan, routivan leikkauksen ja routivan penkereen rajakohtaan, sekä rummun, sillan ja muun vastaavan rakenteen yhteyteen. Siirtymäkiilojen suunnitteluun liittyvät ohjeet on esitetty osassa IV.

1.361 TUTKIMUSTARVE JA TUTKIMUSTEN SUORITTAMINEN

Kantavuus- ja routivuuserojen tasaamiseksi tehtävien siirtymäkiilojen kohdat eivät yleensä vaadi varsinaisia ennakkotutkimuksia, vaan kiilojen paikat määräytyvät ko. rakenteen (esim. rumpu) ja penkereen liittymäkohdan mukaan, erilaisten pohjanvahvistusten

(esim. paalutus- kevyt täyte) tai kallion ja routivan maan rajakohtaan jne., sekä päällysrakenteen paksuuden vaihtuessa vahvistetaan päällysrakennetta kiilamaisesti kantavamman alusrakenteen puolella.

Vaikka kallion ja routivan maan sekä routivan ja routimattoman maan tarkan rajakohdan selvittäminen leikkaustasossa sekä tien pituus- että poikkitaissuunnassa samoin kuin myös paikallisten maan pinnan (tai leikkauksen pohjan läheisyydessä routivan maalajikerroksen alla olevien lohkkareiden tai kallion toteaminen tuottaa usein vaikeuksia, ei näihin liittyvien siirtymäkiilankohtien yksityiskohtaista ennakkotutkimusta pidetä kuitenkaan tarpeellisena, sillä varsinaisten tielinjalla suoritettujen maaperätutkimusten perusteella suunnittelija pystyy yleensä määrittelemään siirtymäkiilatarpeen riittävän tarkasti. Toisaalta ei tarkkojen maaperätutkimusten suorittaminen ole myöskään tarkoituksenmukaista, eikä mahdollistakaan, ellei tien tasausviivan sijainti ole tarkasti määriteltynä tutkijoiden tiedossa. Tasausviivan lopullinen sijainti määräytyy nykyisin teitä suunniteltaessa usein kuitenkin vasta varsin myöhäisessä suunnitteluvaiheessa, kun eri tasausvaihtoehtoja vertailemalla pyritään saamaan mm. tien massatalous yms. kokonaisuuden kannalta mahdollisimman edulliseksi. Lisäksi on todettava, että routivat ja routimattomat maalajit liittyvät luonnossa yleensä varsin loivasti toisiinsa, ja jyrkkien rajakohtien löytäminen ja etenkin päättely maaperätutkimusten perusteella tuottaa vaikeuksia, sillä rajakohdat paljastuvat usein vasta leik-

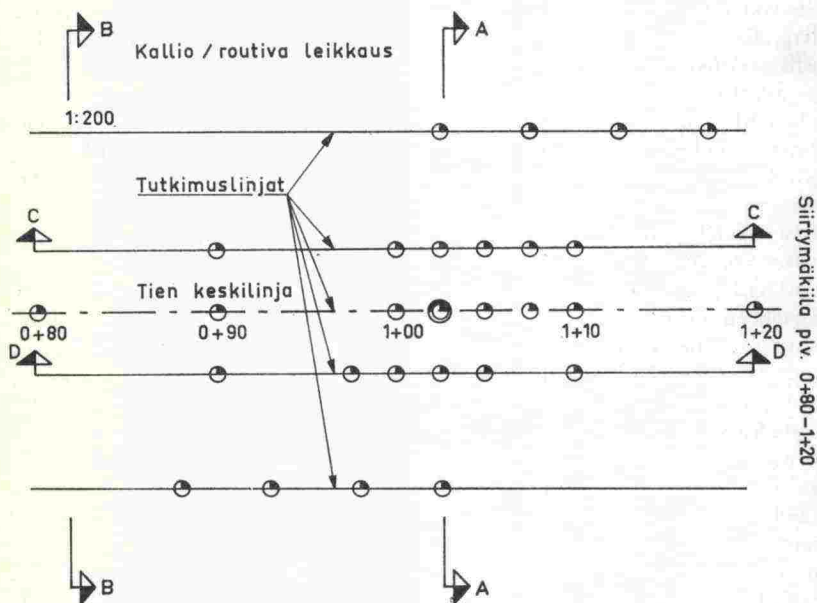
kaustöiden yhteydessä joko selvänä maalajirajana tai routivan kohdan paljastaa pinnassa näkyvä, kosteuden muutoksen aiheuttama väriero. Routivan kohdan ei siis tarvitse olla välttämättä aina leikkauksen päässä, vaan sitä täytyy etsiä myös leikkauksen sisältä. Usein on myös kallio syvällä tiiviiden maalajikerrosten alla, eikä kallion pinnan tarkka selvittely onnistu pelkästään esim. seismisen luotauksen, täry- tai heijarikairauksen tms. avulla, vaan vaatii suhteellisen kalliiden syväkairausmenetelmien käyttöä. Tällöin on tarkoituksenmukaista, että siirtymäkiilojen (routakiilojen) tarpeellisuus, tarkka sijainti, mahdollinen kuivatus ja kiilojen muoto määritellään vasta leikkaustöiden aikana, suunnitteluvaiheessa tielinjalla suoritettuja maa- ja kallioperätutkimuksia apuna käyttäen. Uuden tien suunnitelmaa laadittaessa riittää siis, että siirtymäkiilan tarve todetaan normaalien tielinjalla suoritettujen pituus- ja poikkileikkauksiin merkittyjen maaperätietojen perusteella, sillä yksityiskohtaisten ennakkotutkimusten avulla saadun hyödyn ei katsota yleensä peittävän siitä aiheutuvia tutkimuskustannuksia.

Mikäli kiilojen todetaan tulevan lähelle toisiaan, on suoritettava vertailevia laskelmia, onko taloudellisempaa yhdistää kiilat esim. ns. maalaatikoksi etenkin silloin, kun maaleikkaukset ovat lyhyitä. Kiilojen kaivu ja kuivatus voi joskus olla vaikeata ja kallista, jolloin on myös suoritettava vertailevia laskelmia, tulisiko edullisemmaksi rakentaa vastaavalle kohdalle lämpöeriste.

Mikäli rakennusvaiheessa todetaan, että esim. kallion ja routivan maan rajalle tulevan kiilan kohtaa ei ole saatu tai ei saada ilman lisätutkimuksia riittävän tarkasti määritellyksi, kun kallio on esimerkiksi jäänyt tiealueella kokonaan tai osittain leikkaustason alapuolelle, mutta tielinjalla suoritettujen maaperätutkimusten tulosten perusteella arvosteltuna ilmeisesti kuitenkin routarajan yläpuolelle, menettelyään seuraavasti:

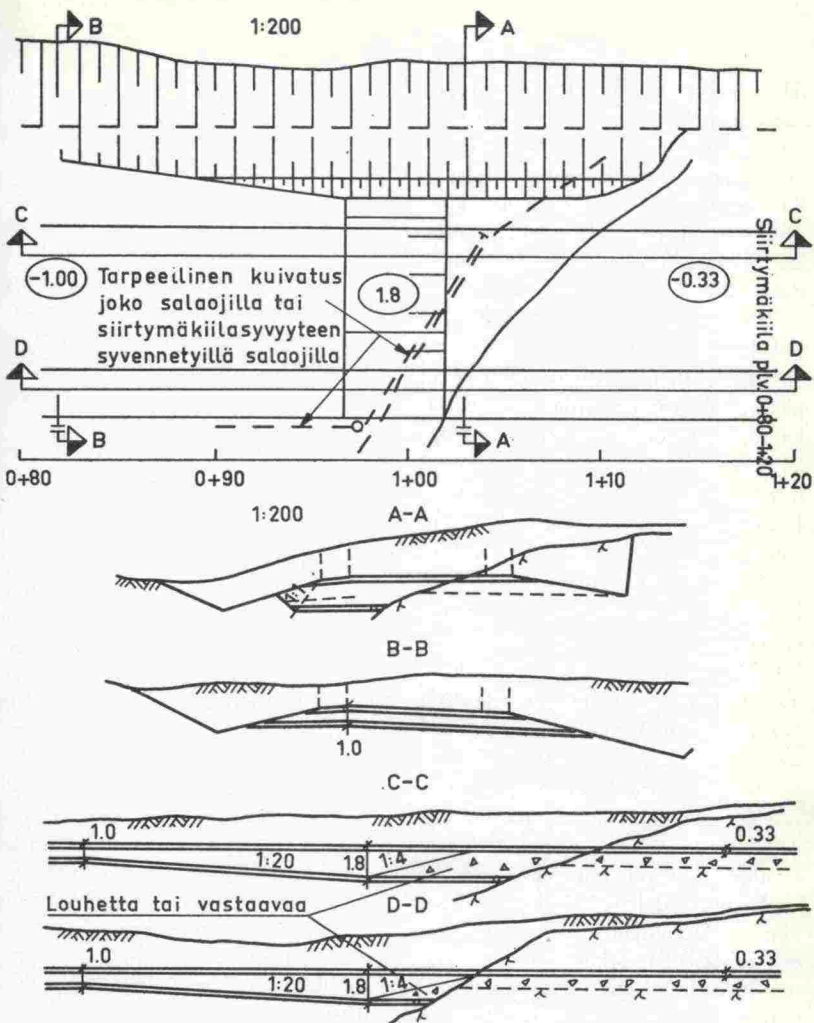
Tutkimus suoritetaan pääasiassa tien ajoradan reunalinjoilla (kuva 30) tai niiden ulkopuolisilla, tielinjan suuntaisilla linjoilla ja keskilinjalla. Kairauk-

set aloitetaan yleensä täry- tai heijari-kairalla 2 m välein olevissa pisteissä. Tarvittaessa voidaan pisteiden väliä lyhentää, mikäli kallion pinnassa todetaan jyrkkiä muodon vaihteluita tai pidentää, jos kallion pinta on tasainen. Mikäli käytettävissä on muita tehokkaita koneellisia kairoja, paineilma- tai autokairat, on varmemman tuloksen saavuttamiseksi usein tarkoituksenmukaisempaa suorittaa tutkimukset näillä erikoislaitteilla, joiden avulla saadaan tarvittaessa otetuksi myös maalajinäytteet. Kairausten avulla on pyrittävä selvittämään tutkittavilla linjoilla kallion pinnan asema mahdolli-



Kuva 30:
Esimerkki siirtymäkiilaa varten tehtävästä pohjatutkimuksesta.

Kallio / routiva leikkaus



Kuva 31:
Esimerkki siirtymäkiilapiirustuksesta (tehty kuvan 30 tutkimusten perusteella).

simman tarkasti vähintään 0.5 m yli siirtymäkiilasyvyyden. Tutkimuksia on tarvittaessa laajennettava lisäämällä kairauksia uusien pituusleikkausten tai sopivasti sijoitettujen poikkileikkausten kohdilla siten, että kallion pinnan asema saadaan selvitetynsi myös ajoradan ulkopuolella silloin, kun se esimerkiksi kiilan pohjan kuivatuksen tai poikittaisen siirtymäkiilan suunnittelun kannalta on välttämätöntä.

Vanhoilla teillä esiintyvien routavauriokohtien korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa tien tehostetun kunnossapidon tai parannustyön yhteydessä joudutaan vauriokohdilla varsinkin leikkausten päissä yleensä suorittamaan maaperätutkimuksia siirtymäkiilatarpeen ja kiilojen tarkoituksenmukaisen sijoituksen selvittämiseksi. Myös uutta tietä suunniteltaessa silloin, kun tielinja kulkee kokonaan tai osittain vanhan tien päällä, joudutaan usein suorittamaan tutkimuksia siirtymäkiilantarpeen selvittämiseksi, mikäli tiedetään tien kunnossapitäjien tekemien havaintojen perusteella, että tiessä on todettu liikennöimistä haittaavia vaurioita tai epätasaisuuksia. Tutkimukset suoritetaan tällöin periaatteellisesti samaan tapaan kuin edellä on esitetty. Kairaukset on tällöin tarkoituksenmukaista suorittaa em. tehokkailla tutkimusvälineillä kuten autokairalla tms.

Kaksiajorataisen tien tutkimukset voidaan suorittaa periaatteellisesti samaan tapaan kuin yksiajorataisellakin tiellä, joko yhtenäisenä tutkimuksena tai joskus myös kumpikin ajorata täy-

sin erillisenä, mikäli esim. kallio leikkaa tiealueen vinosti tai ajoradat ovat etäällä toisistaan.

1.362 TUTKIMUSTULOSTEN ESITTÄMINEN

Tutkimustulosten perusteella piirretään siirtymäkiila-alueen kartta sekä pituus- että poikkileikkaukset. Kuvaan 31 on kerätty kaaviopiirroksina oleellimmat kuviot, jotka siirtymäkiiloista on piirrettävä. Lisäksi on piirroksia laadittaessa noudatettava tienormien ja työselitysten liitteinä olevien ohjepiirrosten sekä osassa IV esitettyjä periaatteita.

Maaleikkausten päihin tulevista kiiloista ei tarvitse piirtää erikoispiirroksia, ellei ko. kohdilla tutkimuksissa ilmene jotakin erityistä, mikä estäisi normaalin tyypipiirroksen käytön ohjeena kiilaa rakennettaessa. Tällöin siis riittää, että suunnitelmassa on vain viittaus esim. työselityksen liitteinä olevaan tyypipiirroksen. Mikäli erikoispiirroksiset ovat tarpeen, on ne tehtävä periaatteellisesti samaan tapaan kuin edellä on esitetty.

Vanhojen teiden vauriokohtia tutkittaessa on yleensä aina pyrittävä tutkimustulosten perusteella piirtämään korjaustyötä varten yksityiskohdalliset ohjepiirroksiset vauriokohdalla tehtävästä siirtymäkiilasta sekä siihen liittyvistä muista korjaustoimenpiteistä.

Mikäli todetaan tarkoituksenmukaiseksi korvata siirtymäkiilat ns. maa-laatikolla tai lämpöeristeellä, on niistä piirrettävä kussakin tapauksessa erikseen työpiirustukset pituus- ja poikkileikkauksineen, ellei rakennustyössä

voida ohjeena käyttää niistä mahdollisesti laadittuja tyyppi- tai periaatepiirroksia.

1.37 JOHTOLINJAT

Johtolinjat ryhmitellään toimintatansa ja tarkoituksensa perusteella seuraavasti:

- viettojohdot (avo- ja salaojat, sade-, jäte- ja sekavesiviemärit),
- painejohdot,
 - jäätymisalttiit (vesijohdot, paineviemärit, ym. vastaavat),
 - pakkasta kestävät (eristetyt lämpöjohdot, kaasujohdot, yms. erikoispainejohdot),
- kaapelit (vahva- ja heikkovirtakaapelit),
- ilmajohdot.

Johtolinjojen maastotutkimuksilla tähdätään suunnitelmaa laadittaessa lähinnä seuraaviin päämääriin:

- maan kaivu vaikeusluokan määrittäminen,
- rakentamismenetelmän määrittäminen mukaan luettuna kaivannon tukemistarve,
- perustamistavan määrittäminen,
- edullisimman vaihtoehdon etsiminen,
- massalaskelman ja kustannusarvion laatiminen.

1.371 MAASTOTUTKIMUKSET

Johtolinjantutkimuksia ennakoivina toimenpiteinä suoritetaan periaatteellisesti ratkaisuvina

- johtolinjatarpeen selvitys ja
- johtolinjojen sijoitus tiehen, muihin rakenteisiin ja toisiinsa nähden.

Ennakoivien periaateratkaisujen jälkeen selvitetään, missä määrin aikaisemmin suoritettuja tai muiden suunnitelmien yhteydessä suoritettavia maastotutkimuksia voidaan käyttää hyväksi johtolinjan suunnittelussa.

Johtolinjojen maastotutkimukset jatkautuvat seuraaviin kahteen pääjaksoon:

- mittaukset (kartoitus, mittaus ja vaatus),
- maaperätutkimukset (kairaus, näytteenotto yms.).

Mittaukset

Mikäli sopivaa valmista karttaa tai ilmakuvaa ei ole käytettävissä, suoritetaan johtolinjan mittaus- ja linjauksien yhteydessä myös kartoitus. Laadittavan karttakaistan leveys määräytyy yleensä linjan sitomisen vaatimasta tarpeesta. Kartan mittakaava on valittava sellaiseksi, että kaikki tarpeelliset tutkimus- ja suunnittelumerkinnot saadaan esitetyiksi kartassa selvästi. Kartan mittakaavan pitää yleensä olla sama kuin johtolinjan pituusleikkauksen pituusmittakaava.

Johtolinjan sitominen suoritetaan maastossa helposti löydettäviin ja kartalla näkyviin pysyviin yksityiskohhtiin. Mikäli johtolinja liittyy kiinteästi tiehen, sen suunnitelmaan tai muihin vastaaviin rakenteisiin, voidaan sitominen suorittaa myös näiden monikulmiojonoihin tai mittalinjoin.

Johtolinjaa varten suoritettun maanpinnan vaaituksen lisäksi vaaitaan myös johtolinjan tasaukseen vaikuttavat muut merkittävät korkeudet, kuten risteilevät tai sivuavat uomat, tiet, erilaiset putkijohdot yms.

Maaperätutkimukset

Mittaustöiden jälkeen on likimääräisesti suunniteltava johtolinjan tasaus, jotta kairaukset tulisivat uloteuiksi riittävän syvälle, mutta jotta myös tarpeettoman syviltä kairauksilta välttyttäisiin. Tällöin on otettava huomioon lähinnä seuraavat näkökohdat:

- johdon tai sen suojarakenteen peitesyvyys,
- jäätymis- (vesijohdot) ja routimissyvyys,
- kuivatussyvyys (avo- ja salaojat),
- viemärintikorkeus ja muut teknilliset seikat.

Johtolinjojen maaperätutkimuksissa käytetään yleisimmin seuraavia kairausmenetelmiä:

- pisto- ja lyöntikairaus sekä tärykairaus ovat yleisimmät,
- heijarikairausta käytetään siellä, missä em. kairoilla ei päästä riittävän syvälle,
- painokairaus suoritetaan pehmeillä.

Saatavissa olevan tutkimuskaluston mukaan voidaan joskus käyttää kallion tason määrittämiseen syvissä johtolinjaleikkauksissa geofysikaalisia luotaimia tai raskaampia erikoiskairoja sekä pehmeillä vakavuuden selvit-

tämisessä siipikairausta ja laajoissa tutkimuksissa puristinkairausta.

Pohjavesi vaikeuttaa usein huomattavasti kaivantojen rakentamista ja aiheuttaa lisäkustannuksia. Sen tähden pohjaveden pinta on määritettävä kumpuilevassa maastossa kaikissa notkelmissa ja tasankoalueilla vähintään 300 ... 400 m välein. Erikoisesti siltti- ja kitkamailla, joissa saattaa esiintyä vaikeuksia kaivantojen kuivanapidos-
sa, on kiinnitettävä huomiota pohjavesiolosuhteisiin. Koska kaapelit asennetaan tavallisesti vain noin 60 cm syvyyteen, pohjavedestä aiheutuu tällöin haittoja harvemmin kuin syvemmissä johtolinjakaivannoissa. Harkin-
nan mukaan otetaan myös maanäytteitä maalajin ja sen vedenläpäisevyyden tutkimiseksi tai suoritetaan muita pohjaveden pinnan alentamismahdollisuuksien selvittelyjä.

Eräissä tapauksissa, kun seudulla (lähinnä rannikkomme savikkoalueilla, varsinkin Pohjanmaalla) tiedetään tai epäillään maaperän tai pohjaveden aiheuttavan rakenteille (lähinnä teräsputkille tai putkien teräsosille) huomattavasti korroosiota, on otettava maa- ja vesinäytteitä syövyttävyyden selvittämiseksi rakennusmateriaalin valinnan tai suojaustoimenpiteen määrittämiseksi. Joskus, lähinnä koheesio-
maissa, tulee kysymykseen myös korroosioluotaimen käyttö.

1.372 TUTKIMUSTEN LAATU, MÄÄRÄ JA TARKKUUS ERI OLOSUHTEISSA

Johtolinjan riittävä sitomistarkkuus saavutetaan, jos sitomislinja on ≤ 50

m ja vain toisesta päästään kiinnitetty apulinja ≤ 100 m. Linja on sidottava vähintään kahdella pisteellä, joiden keskinäisen etäisyyden on suotavaa olla ≥ 50 m. Näkemäesteen sattuessa linja on sidottava kahdella tai useammalla pisteparilla.

Johtolinjan pintavaaitus suoritetaan normaalisti 20 m välein. Erityisen tasisessa maastossa se saa olla 40 m. Peräkkäisten vaaituspisteiden väliseen maastoon ei yleensä saa jäädä kohtia, joissa maanpinta poikkeaa yli 0.5 m pisteitä yhdistävältä suoralta. Vaaitustarkkuuden on oltava korkeuskiintopisteiden välillä 3. luokkaa.

Kairaustiheys riippuu maaperän vaihtelevuudesta. Tärkeimpänä pyrkimyksenä on selvittää kairauksilla maakerosten rajat, kaivettavuus, tiiviys ja kallion pinta. Tällöin kairaustiheys tulee vaihtelevaan yleisimmin 5...100 m välein. Ilmajohtolinjoilla kairaus suoritetaan pylväiden kohdalla.

Kairausten on ulotuttava maaperässä vähintään 0.5 m johtolinjan perustamissyvyyden alapuolelle, missä se on teknillisesti ja taloudellisesti saatavutettavissa. Tavallisin kairausvyvyys on tällöin 2.5...3.5 m. Poikkeuksen muodostavat kaapelilinjat, joissa kairausvyvydeksi riittää perustamissyvyys (0.5...1.0 m) ja pehmeiköt, joissa tutkimus ainakin muutamissa kairauspisteissä on ulotettava kovaan pohjaan saakka. Kallioihin, louhikkoihin, pehmeikköihin ja kaltevaan maastoon (poikkileikkauksia) on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Vaihtoehtoisilla linjoilla pyritään selvittämään edullisin johtolinjan sijainti. Rakennuskustannuksia lisääviä

paikkoja ovat kalliot, louhikot, paikat, joissa on vaikeat pohjavesisuhteet sekä paikat, joissa uhkaa sortuma tai haitallinen painuma ja joissa tarvitaan paalutusta, kaivannon seinämien ponnitusta tai muita erikoisratkaisuja.

1.373 TULOSTEN ESITTÄMINEN

Johtolinjan tutkimustulokset ja suunnitelma esitetään yleensä samassa pituusleikkauspiirustuksessa, jonka mitataava harkitaan kussakin tapauksessa erikseen. Yleisimmin käytetään pituusmittakaavaa 1:1 000 tai 1:2 000 ja korkeusmittakaavaa 1:100.

Tutkimustulokset ja suunnitelmat esitetään seuraavasti:

- kartat laaditaan noudattaen maanmittaushallituksen julkaisua "Kaa-vojen pohjakarttojen kuvausteknilliset ohjeet",
- maaperän tutkimustulokset esitetään osassa I esitetyillä geoteknillisillä piirustusmerkinnöillä ja symboleilla,
- oja-, viemäri- ja vesijohtomerkinnät: Suomen Kunnallisteknillisen Yhdistyksen julkaisu "Yleisten vesihuoltolaitteiden piirustusmerkinnät",
- kaapelit: Suomen Standardisoimislahtakunnan "Sähkölaitos- ja sähkökäyttötekniikan piirustusstandardit SFS 2045...2062" (johdot ja johtimet SFS 2050).

1.38 TALONRAKENNUS

1.381 TUTKIMUSTEN LAAJUUS

Pohjarakennuksen normien (1964) mukaan on rakennuspaikan perusta-

mis- ja pohjasuhteet sekä maaperän ominaisuudet selvitettävä ennen rakennustyöhön ryhtymistä siten, että rakennuksen perustukset voidaan luotettavasti suunnitella sekä itse perustamistyö suorittaa turvallisesti ja lähellä sijaitseville rakennuksille ja laitteille vahinkoa tuottamatta. Pohjatutkimusten avulla on selvitettävä rakennusalueen ja -paikan maaperäsuhteet siten, että tutkimustulosten perusteella voidaan määrittää maaperän puolesta edullisin rakennuksen sijainti sekä teknillisesti tarkoituksenmukaisin ja taloudellisesti mahdollisimman edullinen perustamistapa ja perustamissyvyys sekä perustusten mitat. Usein on tarkoituksenmukaista, että pohjatutkimukset tehdään kahdessa vaiheessa. Tällöin suoritetaan ensiksi alustava pohjatutkimus, jonka perusteella määritetään rakennuksen edullisin sijainti rakennusalueella. Rakennuksen sijainnin määrittämisen jälkeen tehdään rakennuspaikalla varsinainen pohjatutkimus, jonka avulla selvitetään perustamiseen liittyvät yksityiskohdat. Jos rakennuksen paikka on esim. asema-kaavassa tarkoin määrätty tai jos sen paikan määräävät maaperästä riippumattomat tekijät, ei alustavaa pohjatutkimusta yleensä tarvitse suorittaa. Tällöinkin on ennen varsinaisten tutkimusten aloittamista kuitenkin suoritettava ns. maastotarkastus, jonka perusteella määritetään mm. tarkoitukseen soveltuvat pohjatutkimusmenetelmät ja tutkimuspisteiden sijainti.

Pohjatutkimusten yhteydessä on selvitettävä myös rakennusalueen ja perustusten kuivatustarve ja -tapa. Tämän vuoksi on suoritettava pohjavesi-

havaintoja. Lisäksi on vaaittava maanpinnan korkeus rakennusalueella ja sen ympäristössä sekä tutkimuspisteiden kohdilla.

Maanvaraiseksi perustettavien rakennusten perustusten suunnittelua varten on pohjatutkimusten avulla selvitettävä perustamistason alapuolella olevien maakerrosten kantavuus- ja painumisominaisuudet sekä eri maakerrosten paksuudet ja kiinteän pohjakerroksen tai kallion sijainti. Lisäksi on selvitettävä perustamistason läheisyydessä olevien maalajien routivuus. Paaluille perustettaessa on tutkittava perustamistason ja paalujen alapäiden alapuolelle jäävien maakerrosten lujuus- ja painumisominaisuudet paalujen pituuden, toimintatavan ja kantavuuden selvittämiseksi.

Pohjatutkimuksen avulla on selvitettävä peruskuopassa kaivettavien maalajien kaivu vaikeus ja tarvittaessa myös kaivumaiden läjitystapa ja perustamistöiden tarkoituksenmukaisin suoritustapa. Pohjatutkimuksen perusteella on edelleen selvitettävä peruskuopan seinien mahdollinen sortumisvaara ja tukemistapa sekä pohjavedenpinnan (työnaikainen) alentamistarve ja -mahdollisuus.

Pohjatutkimuksen kairaus- ym. pisteet sijoitetaan niin lähelle toisiansa, että perustamiseen ja perustamistöiden suorittamiseen liittyvät kysymykset voidaan yksikäsitteisesti ratkaista. Tutkimuspisteet sijoitetaan tavallisesti rakennuksen seinien kohdille. Pisteiden väli on yleensä, rakennuspaikan maaperäolosuhteista riippuen, 5 . . . 15 metriä. Maaperän puolesta homogeenisella alueella voidaan käyttää suurem-

pia etäisyyksiä kuin epähomogeenisella rakennuspaikalla. Tutkimuspisteiden paikkaa valittaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota raskaasti kuormitettuihin (savupiiput yms.) rakennusosiin siten, että näiden osien perustamistapa voidaan luotettavasti selvittää.

Pohjatutkimusten laajuus, tutkimuspisteiden keskinäiset etäisyydet ja kairausvyödyt riippuvat maaperän geologisen rakenteen lisäksi myös rakennusalueen topografiasta ja rakennustyylistä. Tasaaisessa maastossa pohjatutkimukset voidaan yleensä keskittää rakennuspaikalle. Kaltevassa maastossa, esim. harjujen rinteillä ja niiden lievealueilla, on tutkimuksia sitä vastoin tehtävä myös rakennusalueen ulkopuolella mm. kaltevien maakerrosten liukumisvaaran selvittämiseksi. Rakennustyyppi vaikuttaa pohjatutkimusten laajuuteen tavallisesti siten, että raskaiden ja epätasaisesta painumisesta herkästi vaurioituvien rakenteiden pohjatutkimus on tehtävä perusteellisemmin kuin esim. kevyiden ja epätasaisia painumia vaurioitumatta kestävien rakenteiden pohjatutkimukset.

1.382 ERILAISISSA MAAPERÄ- OLOSUHTEISSA TARVIT- TAVAT TUTKIMUKSET

Rakennuspaikan geologiset ja geotekniset olosuhteet sekä topografia määräävät pohjatutkimuksessa käytettävät välineet, tutkimuspisteiden keskinäiset etäisyydet ja tutkimusvyödyt. Seuraavassa käsitellään erilaisissa maaperäolosuhteissa tarvittavia pohjatutkimuksia.

Kallio

Jos kallio ulottuu rakennuspaikalla maanpintaan saakka tai jos sen päällä on ohut (1...2 m) irtomaalajikerros, muodostuu pohjatutkimus yleensä yksinkertaiseksi, sillä tällöin on selvitetävä vain kallion pinnan korkeusvaihtelut rakennuspaikalla vaaituksen, koe-kuoppien ja lyönti- tai tärykairauksen avulla. Kallion lujuus on Suomen geologisissa olosuhteissa yleensä niin hyvä, että raskaatkin rakenteet voidaan perustaa sen varaan. Tarvittaessa on kuitenkin selvitetävä kalliossa esiintyvien rakojen ja ruhjevöhykkeiden laatu ja sijainti mahdollisten vahvistustoimenpiteiden suunnittelua varten ja kallion louhittavuuden selvittämiseksi. Jos kallion päällä esiintyy vaihtelevan paksuisia irtomaalajikerroksia, on pohjatutkimusta suoritettaessa kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, voidaanko rakennus perustaa kokonaisuudessaan kalliolle vai onko se perustettava osittain maanvaraiseksi. Osittain kalliolle ja osittain maanvaraiseksi perustetuissa rakennuksissa esiintyy tavallisesti epätasaisen painumisen aiheuttamia vaurioita. Pohjatutkimus on tämän vuoksi ulotettava tarvittaessa ehdotetun rakennuspaikan ulkopuolelle siten, että rakennuksen paikka voidaan siirtää sellaiseen kohtaan, jossa perustaminen joko yksinomaan kalliolle tai maanvaraiseksi on mahdollista. Jos rakennus perustetaan jyrkästi viettävään kallionpintaan saakka ulottuville tukipaaluille, on pohjatutkimuksen perusteella selvitetävä paalujen alapäiden liukumismahdollisuus kallionpinnalla.

Kallioisessa maastossa muodostuvat kunnallisteknilliset työt usein kalliimiksi kuin irtomaalajien varaan rakennettaessa. Rakennuksen pohjatutkimuksen yhteydessä selvitetään tavallisesti myös vesi- ja viemärikaivantojen edullisin sijainti ja kaivannoista louhittavan kallion laatu.

Moreenimaalajit

Suomen geologisissa olosuhteissa moreenimaalajien sisässä tai niiden alla ei yleensä esiinny heikommin kantavia maalajeja. Jos geologisten, topografisten yms. olosuhteiden perusteella voidaan luotettavasti päätellä, että rakennuspaikan maaperä muodostuu yksinomaan moreenista, ulotetaan pohjatutkimus 1...2 metriä suunnitellun perustamistason alapuolelle tai perustamistason lähellä mahdollisesti olevan kallion pintaan saakka.

Moreenimaalajien kantavuus on yleensä parempi kuin muiden irtomaalajien kantavuus, jos ne säilyvät (likipitään) luonnontilaisina kaivutöiden yhteydessä. Jos pohjaveden pinta on niin korkealla, että peruskuopan kaivutyö ulottuu sen alapuolelle tai läheisyyteen, menettävät moreenimaalajit kuitenkin kantavuutensa hydraulisten sortumien ja löyhtymisen johdosta. Pohjatutkimuksen yhteydessä on tämän vuoksi kiinnitettävä erityistä huomiota pohjaveden pinnan korkeuteen ja sen alentamismahdollisuuteen.

Moreenimaalajit ovat yleensä vaikeammin irrotettavia kuin muut maalajit tiiviytensä sekä kivi- ja lohkarepitoisuutensa takia. Pohjatutkimuksen yhteydessä on arvioitava kivien ja lohkareiden määrä ja nämä tiedot on

ilmoitettava pohjatutkimusasiakirjoissa. Moreenimaalajit ovat käytännöllisesti katsoen aina routivia. Tarvittaessa on routivuus kuitenkin tarkistettava rakeisuustutkimusten perusteella.

Moreenimaalajeille perustettavien rakennusten pohjatutkimusten yhteydessä joudutaan tavallisesti kaivamaan koekuoppia. Muina tutkimusmenetelminä tulevat kysymykseen lyönti-, täry- ja heijarikairaus. Näytteiden ottaminen syvällä olevista moreenikerroksista on yleensä mahdollista vain erikoiskaluston (erilaisten syväkairojen) avulla.

Karkearakeiset kitkamaalajit

Karkearakeiset kitkamaalajit (KHt ...Sr) muodostavat syntytapansa perusteella kirjavimman maalajiryhmän. Tämän vuoksi on näille maalajeille perustettavien rakennusten pohjatutkimusten laajuutta ja tutkimuksissa käytettäviä menetelmiä selvitettäessä kiinnitettävä erityistä huomiota tutkittavan muodostuman geologiseen syntytapaan. Kuten edellä on mainittu, ei moreenikerrostumien sisässä tai niiden alla yleensä esiinny heikommin kantavia maalajeja. Karkearakeisten kitkamaalajien alla saatetaan sitä vastoin eräissä muodostumissa (mm. rantakerrostumissa) esiintyä heikosti kantavia koheesio- ja silttikerroksia. Näiden kerrosten sijainti ja paksuus sekä em. hienorakeisten maalajien geoteknilliset ominaisuudet on selvitettävä pohjatutkimusten avulla. Jos peruskuopan kaivutyö joudutaan ulottamaan karkearakeisissa kitkamaalajeissa pohjaveden pinnan alapuolelle,

menettävät nämä maalajit löyhtymisen ja hydraulisten sortumien johdosta lujuutensa samalla tavalla kuin moreeni-maalajit. Mm. rantakerrostumissa karkearakeisten maalajien alla olevissa hienorakeisissa kerrostumissa saattaa esiintyä arteesista pohjavettä (huokosveden ylipainetta). Pohjavesihavainnot ja niitä (tarvittaessa) täydentävät huokospainemittaukset on tämän vuoksi suoritettava huolellisesti kaivutyön yhteydessä esiintyvien vaikeuksien ja pohjavedenpinnan alentamistarpeen selvittämiseksi. Karkearakeisten maalajien hyvän vedenläpäisevyyden takia pohjaveden pinnan alentaminen rakennustyön ajaksi on näissä maalajeissa yleensä mahdollista.

Karkearakeiset maalajit, jotka eivät sisällä hiesua tai sitä hienompia maalajitteita, muodostavat Suomen geologisissa olosuhteissa käytännöllisesti katsoen ainoan routimattomien maalajien ryhmän. Rakennusten perustuksia ei tämän vuoksi tarvitse ulottaa ns. routimattomaan syvyyteen, jos se ei ole muiden syiden takia välttämätöntä. Jos pohjaveden pinta on riittävän syvällä, ei perustusten salaojittaminen ole tarpeellista. Perustamissyvyys ja salaojien rakentamisen tarve on kuitenkin selvitettävä tapaus tapaukselta pohjatutkimuksen ja sitä täydentävien laboratoriotutkimusten perusteella. Karkearakeisille maalajeille perustettavien rakennusten pohjatutkimusten yhteydessä kaivetaan koekuoppia maanäytteiden ottamista varten. Löyhissä karkearakeisissa maalajeissa, joissa ei esiinny runsaasti kiviä ja lohkaraita, voidaan käyttää lyönti- ja heijarikairusten lisäksi myös painokairausta

maakerrosten rakenteellisen tiiviyn ja eri kerrosten paksuuden selvittämiseen.

Koheesio- ja siltti-maalajit

Jos rakennuspaikalla esiintyy paksumia koheesio- ja silttimaalajikerroksia (Sa, LjSa, Hs, HHt), muodostuvat pohjatutkimukset yleensä suuritöisemmiksi kuin moreenille ja karkearakeisille kitkamaalajeille perustettavien rakennusten pohjatutkimukset. Koheesio- ja silttimaalajeissa esiintyy usein maanpinnassa syvemmillä olevia kerroksia lujempi kuivakuori. Kevyet ja matalat rakennukset, jotka kestävät vaurioitumatta epätasaisia painumia, voidaan perustaa tämän kerroksen vaaraan, jos se on riittävän paksu. Pohjatutkimusten yhteydessä on selvitettävä kuivakuorikerroksen paksuuden lisäksi myös sen lujuus esim. siipikairan avulla. Kuivakuoren ja syvemmillä olevien kerrosten painumisominaisuudet tutkitaan laboratoriossa luonnontilaisista maanäytteistä.

Korkeintaan 1...2 maanpäällistä kerrosta käsittävät kellarilliset rakennukset voidaan edullisissa olosuhteissa perustaa maavaraisiksi koheesio- ja silttimaalajeille, koska rakennuksen nettopohjapaine (rakennuksen painon ja peruskuopasta poistetun maakerroksen tehokkaan painon erotus) on kellarin käsittävissä rakennuksissa usein pieni ja koska tällaisten rakennusten perustukset muodostuvat erittäin jäykiksi kellarin korkeiden seinien vuoksi. Maanvaraisen perustamismenetelmän käyttömahdollisuus on kuitenkin

selvitettävä tapaus tapaukselta siten, että paino- ja siipikairan avulla tutkitaan painuvan kerroksen paksuus ja lujuus sekä lisäksi luonnontilaisten näytteiden laboratoriotutkimusten avulla heikosti kantavien kerrosten painumisominaisuudet. Jos perustamistason alapuolella olevien kerrosten lujuus on niin heikko, ettei rakennusta voida perustaa maavaraiseksi, se on rakennettava paaluille. Pohjatutkimuksen avulla on tällöin selvitettävä paalujen pituus ja toimintatapa.

Eloperäiset maalajit

Rakennusten perustamista eloperäisten maalajien (Lj, Hm, Tv) varaan on pyrittävä välttämään, koska nämä maalajit painuvat aina erittäin runsaasti. Jos rakennuspaikalla esiintyy turvetta, liejua tai muita eloperäisiä maalajeja, on pohjatutkimusten avulla selvitettävä em. kerrosten paksuudet ja niiden alapuolella olevien kivennäismaalajeista muodostuneiden kerrosten geoteknilliset ominaisuudet. Pohjatutkimus suoritetaan eloperäisten kerrosten alla olevien maalajien määräämällä tavalla. Turve- ja liejumuodostumat ovat usein tasaisia ja pohjaveden pinta ulottuu niissä yleensä lähelle maanpintaa. Rakennusalueen ja perustusten kuivattamismahdollisuuksiin on tämän vuoksi kiinnitettävä erityistä huomiota.

Täytemaa

Rakennusten peruskuopista, tieleikkauksista, viemärikaivannoista jne. poistettua maata on varsinkin asutuskaduksissa käytetty maanpinnan tasottamiseen ja korottamiseen. Tämä

on tapahtunut usein suunnittelemattomasti, siten ettei ole kiinnitetty riittävä huomiota täytemaalla tasoitettujen alueiden tulevaan käyttöön. Suunnittelemattomasti ajettu täytemaa on tavallisesti erittäin epähomogeenista. Täytemaalla peitettyjen alueiden ottaminen rakennusmaaksi on eräissä tapauksissa osoittautunut tarpeelliseksi. Koska täytemaassa on usein louhintaja rakennusjätteitä, on pohjatutkimuksen suorittaminen erittäin hankalaa ja tutkimuskustannukset saattavat muodostua huomattavasti suuremmiksi kuin normaaleissa olosuhteissa. Ne läjitäysalueet, jotka myöhemmin otetaan rakennusmaaksi, on täytettävä suunnitelmallisesti. Eri maalajit on läjitettävä tulevan käyttötarkoituksen mukaan määritetyille alueille. Myöhemmin rakennusmaaksi osoitettava täytemaa-alue on tiivistettävä ja tasoitettava siten, että saadaan mahdollisimman homogeeninen ja tiivis rakennuspohja. Asutuskustusten kaavoituksen yhteydessä olisi sellaiselle täyte- ja jätemaalle, jonka varaan perustaminen ei missään olosuhteissa tule kysymykseen, osoitettava omat läjitäysalueensa.

Tiivistetyn täytemaan (massanvaihdomateriaalin) varaan on Suomessa toistaiseksi perustettu vain pienehköjä (1...2 kerrosta käsittäviä) rakennuksia. Tämä perustamismenetelmä näyttää yleistyvän mm. Ruotsissa (Ahlberg 1966, Cadling 1965, Sherard 1960) myös suurehkojen asuin- ja teollisuusrakennusten perustamisen yhteydessä. Massanvaihtomenetelmän käyttö tulee kysymykseen esim. silloin, kun rakennuspaikalla esiintyvät

pintamaalajit ovat heikosti kantavia (turve, savi, hiesu jne.). Heikosti kantavat maakerrokset poistetaan ja korvataan huolellisesti tiivistetyllä kitkamaalajilla. Pientalojen rakennustyöstä Suomessa saatujen kokemusten perusteella massanvaihtomenetelmää on pidettävä niin teknillisesti kuin taloudellisestikin tarkoituksenmukaisena. Täytemaalle perustetuissa pientaloissa on kuitenkin esiintynyt epätasaisen painumisen aiheuttamia vaurioita, kun täytemateriaalina on käytetty tarkoitukseen soveltumattomia maalajeja ja kun täytteen tiivistäminen on laiminlyöty.

Jos massanvaihtomenetelmä osoittautuu tarkoituksenmukaiseksi perustamismenetelmäksi, on rakennuspäikällä tehtävien tavanomaisten pohjatutkimusten lisäksi selvitettävä myös täytemateriaalien saantimahdollisuudet ja käytettävien materiaalien tiivistysominaisuudet.

1.383 LABORATORIO-TUTKIMUKSET

Häiriintyneistä maanäytteistä tutkitaan laboratoriossa tavallisesti rakeisuus ja tarvittaessa myös plastiset ominaisuudet maalajien luokittamista varten. Rakeisuuden perusteella voidaan likimääräisesti selvittää myös routivuus. Häiriintyneistä maanäytteistä voidaan (likimääräisesti) määrittää myös vesipitoisuus. Vesipitoisuutta käytetään siltti- ja koheesiomaalajeissa painuman suuruusluokan arvioimiseen ja lisäksi em. maalajien konsistenssin arvioimiseen.

Häiriintymättömiä maanäytteitä käytetään hienorakeisten siltti- ja koheesiomaalajien lujuus- ja painumisominaisuuksien määrittämiseen. Painumisominaisuudet tutkitaan laboratoriossa ödometrin avulla. Kuivattamaton leikkauslujuus selvitetään laboratoriossa tavallisesti kartio- ja puristuskokeiden avulla. Häiriintymättömiä näytteitä tarvitaan myös siltti- ja koheesiomaalajien leikkauslujuusparametrien määrittämiseen kolmiakσιαalikojeessa.

Maanäytteiden laboratoriotutkimukset muodostuvat tavallisesti pitkäaikaisiksi. Näytteiden otto on tämän vuoksi suoritettava hyvissä ajoin ennen perustusten suunnittelutyön aloittamista.

1.384 TULOSTEN ESITTÄMINEN

Pohjatutkimuspiirustuksiin kuuluvat tavallisesti:

- Mahd. kirjallinen tutkimusselostus.
- Rakennusalueen tai -paikan kartta vaaitustuloksineen.
- Pohjatutkimuskartta, johon on merkitty tutkimuspisteiden sijainti ja numerot.
- Tutkimuslinjojen pituus- ja poikkileikkaukset. Leikkauksissa esitetään maalajitiedot, pohjaveden pinnan korkeus, kairausvastuspiirustukset, rakennuksen pohjakerroksen lattian taso (mikäli se tiedetään pohjatutkimusta suoritettaessa) ja mahdollisesti perustamissyvyyttä ja perustamismenetelmää selvittävät tiedot.
- Laboratoriotutkimusten tulokset, ellei niitä saada esitetyksi poikkileikkauksissa.

Piirustuksissa on käytettävä osassa I esitettyjä merkintöjä. Kirjallisessa pohjatutkimusselostuksessa mainitaan pohjatutkimuksissa käytetyt menetelmät ja tutkimusaika. Lisäksi esitetään kaikki ne tutkitun alueen geologisia ja geoteknillisiä sekä topografisia olosuhteita valaisevat tiedot, joita ei voida esittää piirustuksissa. Kuvissa 32 ja 33 on esitetty talonrakennukseen liittyviä pohjatutkimuspiirustuksia.

1.39 TUNNELIT JA KALLIOSUOJAT

Louhintatekniikan voimakas kehittyminen on aiheuttanut kallioon rakentamisen yleistymisen. Taloudellisesti ja teknillisesti on mahdollista toteuttaa suurienkin maanalaisten tilojen ja pitkien tunnelien rakentaminen. Tämän seurauksena on myös kalliope-
rän tutkimustarve kasvanut. Kallion laatu vaikuttaa esim. tunnelin suuntaan, sijoitukseen, louhintateknisiin ratkaisuihin ja kustannuksiin. Työtä ei voida lähteä suorittamaan hyvään onneen luottaen, vaan suunnittelija ja rakentaja tarvitsevat varmat tiedot kalliope-
rän laadusta.

Tässä yhteydessä on syytä selvittää käsitteet kivilaji ja kalliope-
rä, jotka helposti sotketaan. Kivilaji on mineraaloginen ainekokonaisuus, joka määritellään mineraalien runsaussuhteiden ja keskinäisen järjestyksen perusteella. Käsite kalliope-
rä sisältää suuremman kokonaisuuden, jonka eri piirteitä ovat kivilajin lisäksi myös rakoilu, siirrokset, ruhjeet, rapautuneisuus ym. erikoisesti rakentamiseen vaikuttavat

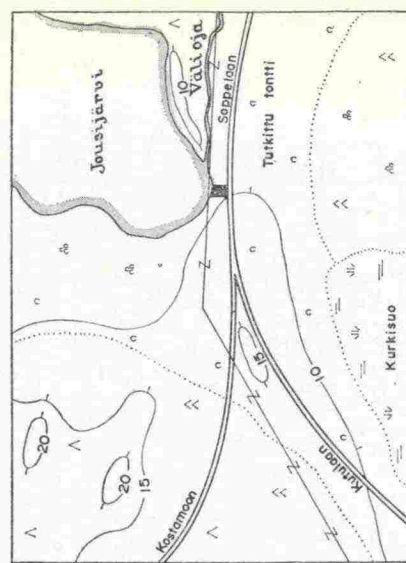
seikat. Esimerkiksi graniitti on lujuudeltaan hyvin kestävä kivilaji, mutta graniittinen kalliope-
rä saattaa olla voimakkaasti rakoillutta ja ruhjeiden särkemää ja siten esim. kalliosuojan sijoitukseen sopimatonta.

1.391 TUTKIMUSTEN TARKOITUS

Tunnelien ja kalliosuojien sijoituspaikkojen kalliope-
rätutkimusten tarkoituksena on antaa suunnittelijalle ja rakentajalle riittävästi tietoja teknillisesti ja taloudellisesti oikeiden ratkaisujen tekemiseen. Suomen kalliope-
rän kivilajit ovat valtaosaltaan sellaisinaan lujia, joten tutkimuksissa on päähuomio keskitettävä kalliope-
rän rikkonaisuuden ja rakenteen selvittelyyn. Tutkimustulosten perusteella on voitava määrittää luolien edullisin sijoituspaikka, pituussuunta, katon ja välipilareiden minimi- ja optimipak-
suus, holvin sopivin muoto ja tunnelien kohdalla edullisin suunta ja oikea korkeustaso eri kohdissa, sekä niihin elimellisesti liittyvät sisäänmenotunnelien (välikuilujen) sopivimmat sijoituspaikat. Edelleen on tutkimusten perusteella annettava arvio lujitustarpeesta ja menetelmistä sekä louhinnassa saatavan kiviaineksen käyttökel-
poisuudesta erilaisiin rakentamistar-
koituksiin.

1.392 TUTKIMUSTEN LAATU JA MÄÄRÄ

Tutkimusten laatuun ja määrään vaikuttavat tekijät ovat maaston luonne ja rakenteiden laatu sekä laajuus.



Mikäli kallioperä on irtainten maa-lajien peittämä, ei suoria havaintoja kallioperästä päästä tekemään. Tällöin on turvauduttava erilaisiin tutkimus-menetelmiin, jotka on kuvattu seu-raavassa kohdassa. Maapeitteen pak-suus on määritettävä ja lisäksi kallioperän laatu. Mikäli taasen alueella on kallioperä paljastuneena, voidaan suoraan paljastumista tehdä havain-toja kallioperän laadusta ja keskittää muut kalliimmat tutkimukset vain kriittisiin kohtiin.

Rakenteiden laatu ja laajuus vaikut-tavat tutkimustarpeeseen sikäli, että pienten kalliosuojien kohdalla riittävät usein kalliopaljastumista tehtävät ha-vainnot.

Jos kysymyksessä ovat tilavuudel-taan suuret luolastot, ovat kallioperän laadulle asetettavat vaatimukset suu-remmat ja tästä johtuen myös tutki-mustarve on suurempi.

Tunnelilinjilla ovat usein lähtö- ja päätepisteiden paikat määrätyt, joten tutkimusten avulla on selvitettävä edullisin tunnelin suunta näiden kah-den pisteen välillä. Mikäli kysymyk-sessä on painetunneli, on usein suora linja kustannuksiltaan edullisin. Tut-kimuksilla on selvitettävä, mihin kor-keustasoon tunneli on louhittava. Jos kysymyksessä on vapaavesipintainen tai esim. liikennetunneli, on korkeus-taso määrätty ja tutkimuksilla on sel-vitettävä edullisin suunta, jossa an-nettua korkeustasoa voidaan noudat-taa.

1.393 MAASTOTUTKIMUKSET

Ensimmäinen tehtävä tutkimusta aloitettaessa on kerätä kaikki saata-

vissa oleva valmis tutkimusaineisto, kuten kallioperäkartat, topografikartat, ilmakuvat jne. Tämän materiaalin ja niistä tehtävien päätelmien avulla laa-ditaan tutkimussuunnitelma.

Ilmakuvat ja kartat

Ilmakuvien ja karttojen avulla voi-daan selvittää kallioperän pääheik-kousvyöhykkeet, jotka vaikuttavat ra-kenteiden sijoitteluun. Tämän tarkas-telun perusteella laaditaan varsinainen maastotutkimusohjelma.

Paljastumien kartoitus

Mikäli tutkittavalla alueella on kal-liopaljastumia, ne merkitään karttoi-hin ja paljastumista tehdään havain-not kivilajista, rakoilusuunnista, kiven rakenteellisesta suuntauksesta (liuskei-suus), rapautuneisuudesta ym. var-teenotettavista tekijöistä.

Geofysikaaliset luotaukset

Geofysikaalisista menetelmistä lä-hinnä kysymykseen tuleva on seismi-nen luotaus. Sen avulla määritetään maapeitteen paksuus ja samalla saa-daan tietoja myös kallioperän rikko-naisuudesta.

Peitteisillä alueilla olisi aina teh-tävä seisminen tutkimus ennen kai-raukseen ryhtymistä. Luotaustulosten perusteella voidaan kalliit kairaukset keskittää oikeisiin kohtiin.

Syväkairaukset

Timanttikairaus on menetelmä, jolla kallioperästä saadaan näytteitä tarkas-teltaviksi. Näytteiden perusteella teh-

dään päätelmät kallioperän rikkonaisuudesta ja kairauksen yhteydessä tehtyjen vesimenekkimittausten (painekeiden) avulla saadaan käsitys kallioperän vedenläpäisevyydestä.

Timanttikairaus on kallis tutkimusmenetelmä ja siksi kairausohjelma on tarkasti suunniteltava.

Paitsi tietoja kallioperän laadusta saadaan syväkairauksen avulla tarkka tieto maapeitteen paksuudesta.

1.394 LABORATORIOTUTKIMUKSET

Tunnelien ja luolastojen tutkimusten yhteydessä ovat laboratoriossa tehtävät tutkimukset tarpeellisia lähinnä rakennustyön yhteydessä saatavan louheen käyttökelpoisuuden selvittelyssä. Kokeita varten voidaan näytteet ottaa joko kalliopaljastumista tai voidaan käyttää myös timanttikairaussydämiä.

1.395 TUTKIMUSTULOSTEN ESITTÄMINEN JA PÄÄTELMÄT

Ilmakuvatulkinnan ja topografikarttojen tarkastelun tulokset sekä maastossa kalliopaljastumista tehdyt havainnot esitetään kartoilla käyttäen osassa I esitettyjä piirustusmerkintöjä tai samoja merkintöjä kuin Geologisen tutkimuslaitos kartoissaan. Seismisen luotauksen tulokset esitetään profiileina ja taulukkoina. Syväkairauksista piirretään profiilit, joissa esitetään ainakin kivilaji, näytehukka nostovälein, rapautumisaste, rakoilutiheyden vaihtelu ja vesimenekkimittauk-

sen tulokset. Kairausnäytteet valokuvataan (ks. osa I kohdat 4.39 ja 4.76).

Tutkimustuloksista on ensin tehtävä yleisarviointi, jonka perusteella voidaan todeta joko, että

— kallioperä on tutkimusalueella suunniteltujen rakenteiden sijoittamiseen hyvin soveltuvaa ja mitään vaikeuksia ei ole odotettavissa

tai

— kallioperässä on paikallisia heikkousvyöhykkeitä, jotka edellyttävät rakenteiden sijoittamisen määrasuuntaan tai -syvyyteen taikka aiheuttavat työssä lisäkustannuksia,

tai että

— kallioperä on siinä määrin ruhjoutunutta, että se on suunniteltuun tarkoitukseen sopimatonta ja työn suoritus tulee kallion vaatimien vahvistusten vuoksi hyvin kalliiksi.

Tällaisen yleisarvioinnin lisäksi, jossa luonnollisesti otetaan huomioon rakenteiden laajuus ja laatu, on tutkimustulosten perusteella pyrittävä tekemään myös erilaisista yksityiskohdista kysymyksistä johtopäätöksiä, joista on hyötyä rakentajalle. On annettava suositus tunnelin katon minimipaksuudesta ja luolien maksimijänevälistä.

Erittäin tärkeitä on louhittavien tilojen oikea sijoitus. Jos kysymyksessä ovat vesitunnelit, on niiden suunta miltei aina määrätty eikä siinä suhteessa ole paljon tehtävissä. Mutta luolastojen suuntia ei voida määrätä

ennalta, vaan vasta tutkimustulosten perusteella saadaan selville, mikä suunta on edullisin. Jos kivi on liuskeista, on luolien paras pituussuunta sekä holvin kestävyys että louhinnan kannalta kohtisuorassa liuskeisuutta vastaan. Jos kallioperässä on selviä voimakkaita rakoilusuuntia, on luolastot sijoitettava niin, että rakoilusuunnat kulkevat lyhintä tietä poikki holvin.

Myös tunnelin holvin muodosta olisi pyrittävä antamaan suositus. Esimerkiksi rikkonaisessa kallioperässä on edullinen suippo paraabelia lähenlevä holvin muoto.

Jo esitutkimusten yhteydessä olisi pyrittävä antamaan selvitys siitä, mikälaatuisiin lujitustoimenpiteisiin todennäköisesti joudutaan turvautumaan. Tällöin rakentaja osaa jo etukäteen varautua siihen, että louhinnan rytmi tulee tietyissä kohdissa häiriintymään ja lisäksi osaa ajoissa varata paikalle lujitukseen tarvittavan kaluston. Rakennuttaja puolestaan osaa varautua ylimääraisiin kustannuksiin ja työn mahdolliseen viivästymiseen.

Edellä on käsitelty niitä tutkimuksia, jotka rakennuspaikoilla suoritetaan suunnittelua varten, siis ennen varsinaisen työn aloittamista. Työn kestäessä joudutaan usein vielä tekemään tutkimuksia erityisesti lujitustoimenpiteiden määrittämistä varten. Näissä tutkimuksissa voidaan käyttää apuna mikroseismisiä laitteita, joilla kuunnellaan kallioperässä tapahtuvaa liikettä, mutta verrattomasti tärkein tutkimusmenetelmä on kuitenkin paikalla suoritettava tarkastus ja havaintojen teko, jolloin esim. irrallisten

lohkareiden tms. tutkimuksessa tärkein työväline on geologivasara. Tehytjen havaintojen perusteella on määritettävä rusnattavat tai lujitettavat kohteet ja lujitustoimenpiteiden laatu.

Lukua 1 koskevaa kirjallisuutta

Abwassertechnische Vereinigung e.V. Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Band I. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1967.

Ahlberg, J. Grundläggning på packad sprängbotten. Byggnadsingenjörens 1966: 5.

Bishop, A. ja L. Bjerrum. The Relevance of the Triaxial Test to the Solution of Stability Problems. Norges Geotekniske Institutt. Publ. 34. 1960. (sekä saksaksi Publ. 43. 1961).

Bjerkefors, E. Nykyisistä maaperätutkimusmenetelmistä. Tielehti 1966: 5.

Cadling, L. Grundläggning på packad jordfyllning. Anvisningar för packning av jordfyllning och anvisningar för fältkontroll av packningsresultat. Svenska riksbyggen 1965: 13.

Flodlin, N. Anvisningar för geotekniska institutets fältundersökningar. Del 1. Statens geotekniska institut. Meddelanden 4. 1959.

Fuchs, E. Baugrube und Wasserhaltung. Berlin 1967.

Hailikari, T. Syvägeoteknilliset tutkimukset korkealuokkaisen tien suunnittelussa. Tielehti 1964: 4.

Hailikari, T. Siltapaikkatutkimukset. Maaperätutkimuksia käsittelevät tvh:n neuvottelupäivät 25.—26. 5. 1966. Moniste.

Holgersson, Å. Pohjatutkimuksista tiensuunnittelussa. Tielehti 1967: 4.

Huikari, Muotiala, Wäre. Ojitusopas, Kirjapainoyhtymä, Helsinki 1963.

Hyyppä, J. Pohjavedestä ja Suomen pohjavesigeologisista olosuhteista. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 9—65. Helsinki 1965.

- Johnsson, E. Ground-Water and Wells. Edward E. Johnsson, Inc. USA, 1966.
- Kaitera, P. Maankuivatus. Maa- ja vesirakentajan käsikirja. Helsinki 1963.
- Kauranne, L. K. Maaperän tutkimusmenetelmät ja välineet. Pioneeriupeeri 1967: 2.
- Kauranne, K. ja V. Markkula. Rakennusalan kiviainekset. Rakennustekniikka. 1967: 7—10.
- Kihlblom, U., L. Viberg ja A. Heiner. Geoteknisk flygbildstolkning för bebyggelseplanering. NGM 68-artikkeleita, Stockholm 1968.
- Laakso, M. Kalliokaivojen veden laatu. Maa- ja vesiteknillinen tutkimustoimisto, tiedoitus 2/1966. Helsinki 1966.
- Lowe, J. Stability Analysis of Embankments. J. Soil a. Found. Div. Proc. ASCE. Vol. 93 NO. SM. 4. July 1967.
- Lundström, R. Grundvattensänkning och dess konsekvenser. Grundläggningsteknik — kurssi, Tukholma 1967. Svenska Teknologföreningen ja Tekniska Läroverkens Ingenjörskförbund.
- Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. Ulkovesijohtojen ja -viemäreiden aine- ja työselitys 1.2.1968. Maa ja Vesi Oy. Helsinki 1968.
- Natukka, A. Salaojitus ja peruskaivantojen kuivanapito. Pohjarakennuksen kurssi RIY 1964.
- Natukka, A. Pohjaveden hankinta ja käyttöönotto. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 9—65. Helsinki 1965.
- Rakennusinsinööriyhdistys. Pohjarakennuksen normit. 1964.
- Rappert, C. Wasserhaltung. Grundbau — Taschenbuch Band I. 2. Auflage. Berlin—München 1966.
- Sherard, J. L. Undergrund på beställning. Byggmästaren 1960: 4.
- Soveri, U. Tienpitoaineiden ottopaikkojen tutkimukset. Tie- ja vesirakennushallituksen maatutkimustoimiston ohje 6: 1. Helsinki 1958.
- Suomen Kunnallisteknillinen Yhdistys. Viemäreiden mitoitusohjeita. Helsinki 1959.
- Suomen rakennusinsinöörien liitto. Maa- ja vesirakennus. Vammala 1968.
- SVR:s Plananvisningskommitté. Rekommendationer för tekniska och ekonomiska utredningar vid upprättande av planförslag, del 1, Grundförhållanden. Statens Institut för byggnadsforskning, Stockholm 1968.
- Tarkkala, E. Peruskaivantojen kuivanapidosta. Rakennusteollisuus 1966: 1.
- Taivainen, O. A. Siirtymäkiilojen käyttökelpoisuudesta ja tarkoituksenmukaisuudesta. Tvh:n dipl.ins. yhd. ry:n vuosikirja 1962: 7.
- Taivainen, O. A. Kokemuksia siirtymäkiilojen käytöstä rumpujen kohdalla, Tielehti 1968: 2.
- Tie- ja vesirakennushallitus. Normaali-määräykset ja ohjeet. 1964.
- Tie- ja vesirakennuslaitos. Tienrakennustyöt, yleinen työselitys. 1967.
- Tvh, maatutkimustoimisto. Maaperätutkimuksia koskevat neuvottelupäivät 25.—26. 5. 1966, moniste.
- VA AMA-komittén genom Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen. VA AMA (allmän material- och arbetsbeskrivning för yttre vatten- och avloppsledningsarbeten jämte råd och anvisningar), Södertälje 1966.
- Wiiala, A. Maanjaon arvioimisoppi I, Vammala 1958.

2. TUTKIMUSTÖIDEN JÄRJESTELY JA NIVELTÄMINEN SUUNNITTELU- TYÖHÖN

2.1 Tutkimus- ja suunnitteluprosessin yleinen kulku

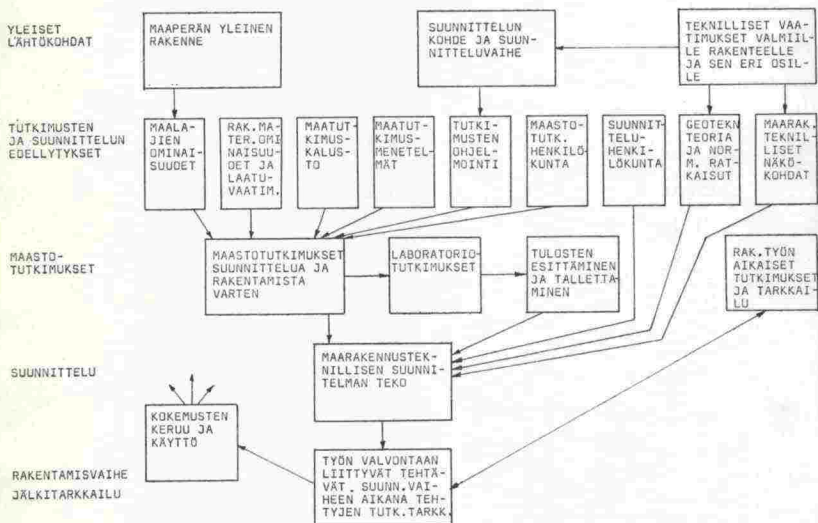
2.11 MAATUTKIMUSTOIMINNAN KOKONAISKENTÄ

Onnistuneeseen lopputulokseen pääseminen maarakennusteknisissä koh-teissa edellyttää monien tekijöiden huomioon ottamista.

Kuvassa 34 on esitetty kaavio niistä asioista, jotka muodostavat maatutki-mustoiminnan kokonaiskentän. Kaa-viossa on myös tarkasteltu eri teki-jöiden keskinäisiä riippuvuussuhteita.

2.12 SUUNNITTELIJOIDEN JA MAAPERÄSTÄ HANKITTA-VAN INFORMAATION MER-KITYS TIENSUUNNITTELU-JA RAKENTAMISPROSESSIN ERI VAIHEISSA

Kuvassa 35 on esitetty tiensuunnit-telu- ja rakentamisprosessin yleinen kulku jaettuna 27 päävaiheeseen sekä tarkasteltu eri suunnittelijoiden työ-panoksen suhteellista merkitystä tä-män prosessin kussakin vaiheessa.



Kuva 34:

Maatutkimustoiminnan kenttä ja tärkeämmät riippuvuussuhteet.

TIEVERKOSUUNNITELMAN TEKÖ										TIEH YLEISUUNNITELMAN TEKÖ										PAKENEISSUUNNITELMAN JA TIELÄINNUKKAISEN SUUNNITELMAN TEKÖ										TIEH RAKENTAMINEN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
INVENTOINTI, PERUSSELVITYKSET										PERUSENNUSSTI, LISASELVITYKSET										TIEVERKON JA MAANKAYTÖN TEORETTISET MALLIT, LIIKENNEN TOENNUKSET										TIEVERKKO- JA MAANKAYTÖN TOENNUKSET										LIIKENNE-ENNUSSTI, LOPULLINEN MAANKAYTÖ										TIEVERKKOVAIKOINTIEN VERTAILU JA VAIKUTUS										TIEVERKOSUUNNITELMAN VIIMEISTELY, TOEUTUSOHJELMAN TEKÖ										PAATOS, ORGANISOINTI, OHJELMOINTI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
MAAKAKENNUSSUUNNITELMIA										GEOTEKNIIKKO										LIIKENNESUUNNITELMIA										SILTASUUNNITELMIA										RAKENTAJA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Taulukossa on esitetty suunnittelijoiden panos ja maaperästä hankittavan erillaisen informaation merkitys tiensuunnittelu- ja rakentamisprosessin eri vaiheiden kannalta. Pilareiden korkeus esittää kunkin tekijän merkityksen seuraavan arvosteluperusteen mukaan:

TW
MAANKAYTÖN TOEUTUSOHJELMAN
OHJELMOINTI

erittäin tärkeä

tärkeä

tärkeä

erittäin tärkeä

erittäin tärkeä

erittäin tärkeä

erittäin tärkeä

erittäin tärkeä

erittäin tärkeä

Kuva 35:
Eri suunnittelijoiden merkitys tiensuunnittelu- ja rakentamisprosessin vaiheiden kannalta.

Kuvassa 36 on tarkasteltu, missä tiensuunnittelun ja rakentamisen vaiheissa minkäkin laatuista informaatiota maaperästä tarvitaan.

2.13 MAARAKENNUSTEKNILISEN SUUNNITELMAN LAATIMINEN — PROSESSITEKNILLINEN KUVAAUS

Jäljempänä pyritään esittämään suunnitteluprosessin yleistä kulkua eri tehtävien välisiä riippuvuussuhteita osoittavan toimintaketjun muodossa. Suuremmat suuntaviivat on esitetty kaaviopiirroksilla ja toimintaverkoilla ja tehtävien tarkempi sisältö kirjallisessa muodossa.

Selvitys on laadittu tiesuunnittelun osalta ja se noudattelee tvh:n teettämää ns. tien synty-selvitystä (TVH/Viatek 7.2.1969). Tarkemmin on käsitelty vain puhtaasti maarakennussuunnitteluun liittyviä tehtäviä, joita käsittelevät laatikot toimintaverkoissa on merkitty paksummilla ääriviivoilla. Tähtäyksessä on lähinnä pidetty moottori- tai valtatie rakentamista. Alempiluokkaisilla teillä muuttuvat monet tehtävät yksinkertaisemmiksi.

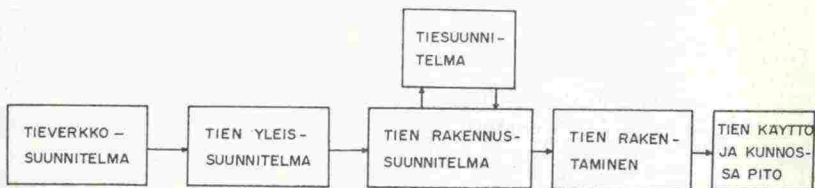
Käytännössä kussakin suunnittelu-tehtävässä on omat yksilölliset erikoispiirteensä, jotka saattavat hyvinkin voimakkaasti vaikuttaa tehtävän suorittamiseen. Esitys on näin ollen tarkoitettu ainoastaan antamaan yleiskuva tehtävien luonteesta. Käytännössä eri vaiheisiin kuuluvia toimintoja tapahtuu samanaikaisesti, joten tehtävät menevät ajallisesti enemmän lomittain kuin toimintaverkoista ja muusta esityksestä suoranaisesti käy ilmi.

2.131 SUUNNITTELUN YLEINEN VAIHEJAKO

Kuvassa 37 on esitetty suunnittelun päävaiheet. Alempana käsitellään yksityiskohtaisemmin yleissuunnittelmaa ja rakennussuunnittelmaa.

2.132 YLEISSUUNNITELMA

Tien yleissuunnittelussa pyritään tien suunnan ja liikennejärjestelyjen periaatteiden selvittämiseen. Suunnalla tarkoitetaan leveydeltään maaston topografiasta, maaperästä, pakkopisteistä ym. johtuvaa maastokäytävää, jossa tulevan tielinjan tarkka sijainti



Kuva 37:
Tien synnyn päävaiheet.

jää vielä avoimeksi (tulkitaan näin, vaikka kartoilla esitetäänkin tarkka linja). Linjan sijaintiin on jatkosuunnittelussa mahdollista vapaassa maastossa tehdä muutamien kymmenien, joskus sadankin metrin siirtoja. Sen sijaan tiheään asutulla seudulla joudutaan yleissuunnitelman linja selvittämään niin tarkoin, että sen perusteella voidaan kaavoissa varata tarvittava liikennealue.

Kuvassa 38 on esitetty toimintaverkkopiirros ja seuraavassa esitetään tehtävien tarkempi sisältö:

Tehtävät 7 ja 11

ALUEELLISET MAAPERÄSELVITYKSET

Työn ja laskelmien tarkkuus

- 1) Yleiskuva maaperäsuhteista riittää.
- 2) Maaperätutkimukset ovat hyvin rajoitetussa määrin suoritettavia hajakairauksia. Niiden tarkoituksena on täydentää vesistöjenilityksissä, erittäin laajoilla pehmeikköalueilla ym. kuvaa maaperästä siten, että täysin epärealistiset vaihtoehtoiset suunnat voidaan jo alkuvaiheissa hylätä.

Tarkempia ohjeita

Kohta 1.1 sekä osa I

Tehtävät 13 ja 15

YLEISSUUNNITELMALUONNOKSET JA ALUSTAVA KARSINTA

Työvaiheet

- 1) Tienrakennustarkoituksiin soveltuvien alueiden rajaaminen.

- 2) Linjavaihtoehtojen hahmottelu.
- 3) Geoteknillisesti ja maarakennusteknillisesti mahdollistamien ratkaisujen karsinta.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Tarkkuus rajoittuu alueen yleisten topografisten ja geologisten näkökohtien antamien suuntaviivojen ja tienrakennusmahdollisuuksien tarkasteeluun.

Tarkempia ohjeita

Kohta 2.2

Tehtävä 16

MAAPERÄTUTKIMUKSET VAIHTOEHTOJEN VERTAILUA VARTEN

Työvaiheet

- 1) Vertailun tarkkuuden määrittäminen yhteistyönä muiden suunnittelijoiden kanssa. Otettava huomioon massa- ja pohjanvahvistuskustannusten osuus lopullisessa kustannusvertailussa.
- 2) Maaperätutkimuksien ohjelmointi.
- 3) Maaperätutkimuksien suoritus tutkimuspisteiden sidontaan liittyvine mittauksineen.
- 4) Tutkimustuloksien piirtäminen.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Tutkimuksien määrä on kussakin tapauksessa erikseen harkittava. Tutkimuksien tarkoituksena on antaa riit-

tävät perusteet tiensuunnan valinnalle, ts. vertailun teolle, ei sinänsä rakennustapojen yksityiskohtaiseksi selvittämiseksi kaikilla vaihtoehtoisilla suunnilla.

Tarkempia ohjeita

Kohdat 1 ja 2.3 sekä osa I.

Tehtävät 20, 21, 23 ja 25

VAIHTOEHTOJEN MAARAKENNUS- TEKNILLINEN VERTAILU LOPULLISEN VAIHTOEHDON VALINTAA VARTEN

Työväiheet

- 1) Maarakennusteknillisesti huomattavien eroavaisuuksien etsiminen:
 - tienrakennusmateriaalien saanti linjalta tai läheltä linjaa,
 - leikkausmateriaalien yleinen käyttökelpoisuus,
 - kalliioleikkausten esiintyminen eri vaihtoehtoisissa,
 - pohjanvahvistukset,
 - siltojen perustamistavat.
- 2) Tarvittavien karkeiden vertailulaskelmien tekeminen.
Kysymyksessä ovat samat tehtävät kuin rakennussuunnitteluvaiheen tehtävissä 6, 15, 22 ja 23. Tarkkuusaste on erikseen harkittava.
- 3) Perusteltu esitys vaihtoehtoista maarakennusteknilliseltä kannalta.

Työn ja laskelmien tarkkuus

- 1) Massatiedot voidaan karkeasti arvioida $\pm 10\,000\text{ m}^3$ tarkkuudella.

- 2) Laskelmat tehdään linjavaihtoehtojen valintaa varten, joten niissä rajoitutaan ainoastaan eroavaisuuksien vertailuun.

Tarkempia ohjeita

Kohta 2.2 sekä osat IV ja V.

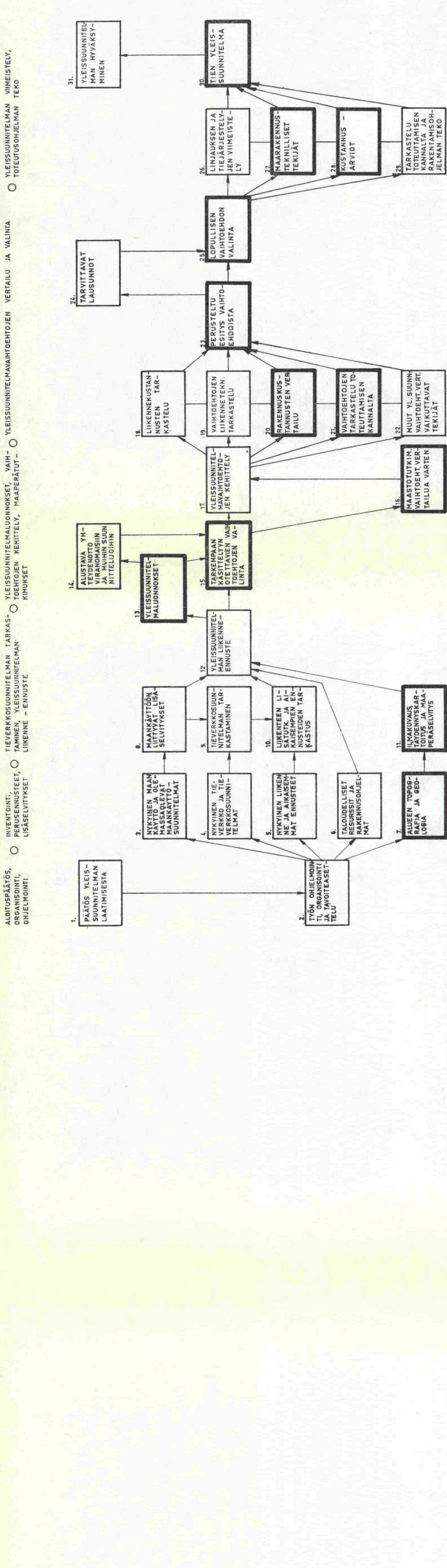
Tehtävät 27, 28 ja 30

YLEISSUUNNITELMAN VIIMEISTELY

Työväiheet

- 1) Maaperätietojen varmistuksia siinä määrin, että yleissuunnitelman linja ja tasaus voidaan riittävän varmasti esittää.
- 2) Suurien siltojen pohjatutkimuksiin tarvittavia varmistuksia.
- 3) Suunnitelmaselostuksen maarakennusteknillisen osan laatiminen.
- 4) Yleissuunnitelman kustannusarvion laatiminen.
- 5) Virallisessa yleissuunnitelmassa esitettävän ja sen ulkopuolelle jätettävän materiaalin viimeistely.

Kuva 38:
Toimintavertekopiirros tien yleissuunnitelman laatimisesta.



ALOITUSPÄÄTÖS, ORGANISOINTI, OHJELMOINTI
 INVENTOINTI, PERUSENNUSTEET, TAMINEN, YLEISSUUNNITELMAN TARKASTAMINEN, YLEISSUUNNITELMALUONNOKSET, VAIHTOEHTOJEN KEHITTÄMINEN, MAAPERÄTUTKIMUKSET
 TIEVERKKOSUUNNITELMAN TARKASTAMINEN, YLEISSUUNNITELMAVAIHTOEHTOJEN VALINTA JA VALINTA
 YLEISSUUNNITELMAN VIIMEISTELY, TOTEUTUSOHJELMAN TEKÖ

2.133 RAKENNUSSUUNNITELMA

Rakennussuunnittelu tähtää rakennuspiirustuksien laatimiseen. Juridisten käsittelyjen (tielain ja vesilain mukaisen käsittelyn) vaatimat asiakirjat laaditaan suunnittelun edistyttyä riittävän pitkälle.

Toimintaverkkopiirros on esitetty kuvassa 39.

Tehtävä 2

YLEISSUUNNITELMAN TARKASTAMINEN

Tehtävän tarkoitus

Yleissuunnitelma käydään läpi maarakennustekniseltä kannalta ja tutkitaan, onko tullut esiin tekijöitä, jotka saattavat aiheuttaa muutoksia yleissuunnitelman mukaisiin periaateratkaisuihin. Mikäli yleissuunnitelma on aivan tuore, riittää yleensä sen tarkastaminen valituksi tulleen tie-suunnan osalta.

Työvaiheet

- 1) Muodostetaan yleiskuva yleissuunnitelman materiaalikäytöstä ja massataloudesta sekä huomattavimmista pehmeikköalueista.
- 2) Tutkitaan, onko yleissuunnitelman suuriin periaateratkaisuihin tarpeen tehdä muutoksia.
- 3) Neuvottelut liikennesuunnittelijan ja muiden yleissuunnitelman tarkastajien kanssa.

Tehtävä 4

AUSTAVA MAAPERÄSELVITYS

Työvaiheet

- 1) Ellei yleissuunnitteluvaiheessa ole tehty maaperäselvityksiä tai ne

havaitaan puutteelliseksi, on suoritettava maaperäselvitysten täydentäminen valitulla tien suunnalla soveltaen yleissuunnitteluvaiheen menetelmiä.

- 2) Eräiltä osin, esim. suurimpien kalliroleikkauksien kohdalta, voidaan tarvittaessa suorittaa tarkempia selvityksiä.

Tarkempia ohjeita

Kohta 1 ja 2.3 sekä osa I.

Tehtävä 5

ALUEELLISET MATERIAALI- JA MASSANKÄYTTÖKYSYMYKSET

Hankittavat lähtötiedot

- 1) Saatavissa olevat rakennusmateriaalien inventoinnit ja mahdolliset alueelliset käyttösuunnitelmat.
- 2) Saatavissa olevat muut tiedot alueen tienrakennusmateriaalien ottopaikoista. Tiedusteltava tie-mestareilta, tutkittava vanhoja suunnitelmia yms.

Työvaiheet

- 1) Selvitetään tielinjalta saatavat materiaalit pääpiirteittäin:
 - ovatko maaleikkaukset käyttökelpoisia,
 - onko paljon kalliroleikkauksia ja kuinka paljon kivipengertä voidaan rakentaa,
 - saadaanko päällysrakenteen kivimateriaali tielinjalta.

- 2) Selvitetään tielinjan ulkopuolelta saatavat materiaalit:
 - saadaanko varamaata pengertäytteeksi, mistä ja mihin hintaan,
 - päällysrakenteeseen kelpaavien irtomaalajien saantimahdollisuudet,
 - yksityinen tienrakennusmateriaalien myynti.
- 3) Onko alueella muita suuria maa-rakennuskohteita, joilla on materiaaltarvetta tai ylijäämää,
- 4) Läjitysalueiden yleiset saantimahdollisuudet.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Tehtävää suoritettaessa saadaan yleiskuva materiaalin käytön periaate-katkaisuja varten. Inventoidaan mahdolliset materiaalin saantialueet, mutta ei tehdä vielä lopullisia tutkimuksia.

Tarkempia ohjeita

Kohdat 1.1 ja 1.24 sekä osa V.

Tehtävä 6 ja 10

VAIHTOEHTOJEN TUTKIMINEN JA VALINTA

Työvaiheet

- 1) Vaihtoehtojen muodostaminen
 - Vaihtoehdot pyritään sijoittamaan maastoon mahdollisimman edullisella tavalla ottaen huomioon käytettävissä olevat alustavat selvitykset.
- 2) Tutkitaan, miltä osin vaihtoehdot poikkeavat toisistaan:

- pehmeiköt,
- leikkaukset ja massojen käyttö,
- onko materiaalin käytön kanalta eroja, jotka tulevat esiin esim. työnaikaisina kuljetusym. vaikeuksina,
- saako joltakin linjalta paremmin arvokasta tienrakennusmateriaalia (soraa, kalliota tms),
- joudutaanko jonkin vaihtoehdon kohdalla kalliimpaan päällysrakenteeseen, koska pohjamaa on heikompaa.

- 3) Maaperätutkimuksien ohjelmointi.
- 4) Maaperätutkimuksien suorittaminen tutkimuskohteeseen liittyvine mittauksineen ja vaaituksineen.
- 5) Tutkimuksien piirtäminen.
- 6) Vertailutyöt:

- vertailun tarkkuuden määrittäminen,
- pohjanvahvistuksia ja muita maarakennustöitä koskevien ratkaisujen ja vertailulaskelmien tekeminen.

Työn ja laskelmien tarkkuus

- 1) Lopullisen vaihtoehdon tarkkuus vastaa lähinnä 1:2 000 kartan graafista tarkkuutta. Linjaan ei tehdä myöhemmässä vaiheessa oleellisia muutoksia (oleellinen = useita kymmeniä metrejä sivusiirtymää.)
- 2) Vertailut ja kustannuslaskennat tehdään ainoastaan sen laajuisina kuin vaihtoehtojen kesken on eroja. Todellisilla kokonaiskustannuksilla ei ole yleensä merkitystä.

- 3) Yleensä tämän vaiheen selvittelyt koskevat pehmeikköjä ja leikkauksia. Vertailulaskelmissa on kysymys samoista tehtävistä ja näkökohdista kuin tehtävissä 22 ja 23, laskelmien ja selvitysten tarkkuusaste on kussakin tapauksessa erikseen harkittava.
- 4) Milloin sillalla on merkitystä vertailussa, on sen perustustapojen selvittämiseksi eri vaihtoehdoilla suoritettava alustavia tutkimuksia soveltaen harkiten tehtävässä 14 esitettyjä näkökohtia.
- 5) Rumpujen ym. pienempien rakenteiden sijoituksella ja perustamisella ei yleensä ole sanottavaa merkitystä vielä tässä vaiheessa.
- 6) Maaperätutkimuksien sidonnassa ja piirtämisessä on tässä vaiheessa maastoon paalutetun linjan ja monikulmiojonon yleensä vielä puuttuessa maaperätutkimukset sidottava maastopisteisiin (rakenukset tai tilapäiset kiintopisteet ym), jotka myöhemmin voidaan monikulmiojonosta mitata.

Tarkempia ohjeita

Kohdat 1; 2.2 ja 2.3 sekä osat I, IV ja V.

Tehtävä 12

LINJAUS JA ALUSTAVA TASAUS, LIITTYMÄT

Tehtävän tarkoitus

Tarkoituksena on ottaa huomioon maarakennusteknilliset näkökohdat sidottaessa linja koordinaatistoon paalutuslaskentaa varten ja tehtäessä

alustavaa tasausta. Linjaan saattaa tämän jälkeen tulla vielä muutaman metrin siirtoja.

Työvaiheet

Valitun linjavaihtoehdon puitteissa pyritään tie sijoittamaan maastoon linjaukseltaan ja tasaukseltaan maarakennusteknilliseltä kannalta mahdollisimman edullisella tavalla ottaen huomioon tiedot pehmeiköistä, silta- paikoista, leikkauksista jne. Tutustutaan liittymien vaihtoehtoihin ratkaisuihin ja tarkastellaan niitä samoin perustein kuin tielinjaakin.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Tässä vaiheessa ei voida vielä päästä lopulliseen tarkkuuteen, koska tiedot maaperästä ovat vielä osittain puutteellisia.

Tarkempia ohjeita

Kohdat 1.31 ja 2.2.

Tehtävä 14

ALUSTAVAT SILTAPAIKKA- TUTKIMUKSET

Tehtävän tarkoitus

Hankitaan siltapaikan maaperäsuhteista riittävästi tietoja siltojen alustavaa suunnittelua sekä täydentävien tutkimusten suuntaamista varten.

Hankittavat lähtötiedot

Saatavissa olevat tiedot sillan tyy- pistä ja tukien paikasta ja perustuk- sille asetettavista vaatimuksista han- kitaan neuvottelemalla sillan ja tien-

suunnittelijan kanssa. Yleensä tällaisia tietoja ei tässä suunnitteluvaiheessa ole kuitenkaan saatavissa.

Työvaiheet

- 1) Maaperätutkimusten ohjelmointi.
- 2) Maaperätutkimusten suorittaminen tutkimuskohteeseen liittyvine mitauksineen ja vaaituksineen.
- 3) Tutkimustuloksien piirtäminen.

Työn ja laskelmien tarkkuus

- 1) Normaalitapauksessa tukien paikasta ja siltatyypestä ei ole tässä vaiheessa tietoja saatavissa. Tällöin tutkimukset suoritetaan harvaan verkkoon.
- 2) Pehmeikköalueilla pyritään mahdollisimman suuressa määrin käyttämään hyväksi tien pehmeikkötutkimuksia.
- 3) Erikoistapauksissa (esim. risteys sillat) tukien paikat mahdollisesti tiedetään tyydyttävän tarkasti jo tässä vaiheessa. Tällöin suoritetaan tutkimukset jo suoraan näiden kohdalta. Tutkimustiheys rutiinitutkimuksilla voidaan tällöin ottaa jopa lopulliseksikin, erikoistutkimuksia, esim. syväkairausta, ei kuitenkaan ole vielä syytä tehdä.

Tarkempia ohjeita

Kohdat 1.31 ja 2.3 sekä osa I.

Tehtävä 15

SILTOJEN ALUSTAVAT GEOTEKNILLISET RATKAISUT

Työvaiheet

- 1) Tutkimustuloksien analysointi

— Erikoistapauksissa neuvottelu geologin kanssa (esim. kallion todennäköinen korkeusasema ja laatu, ruhjeet, yms., lajittuneiden maakerrostumien, esim. harjujen maaperäsuhteet syntyominaisuuksien perusteella ym.).

- 2) Alustava perustamismahdollisuuksien arvioiminen.
- 3) Alustavan lausunnon kirjoittaminen.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Alustavien perustamismahdollisuuksien ratkaisuihin ei vielä päästä täysin lopullisiin arvioihin, koska pohjatutkimukset ovat vielä puutteelliset, sitä paitsi siltateknillisillä näkökohdilla on suuri vaikutus perustusratkaisuihin.

Työn tuloksena esitetään

Siltasuunnittelijalle osoitettu alustava lausunto perustamisolosuhteista:

- 1) Maaperätutkimusmenetelmiin ja tutkimustuloksiin liittyvät kirjalliset lisätiedot.
 - 2) Perustamisolosuhteiden kuvaus. Tämä on lausunnon päätarkoitus. Kuvauksessa esitetään:
 - maakerroksen rajat,
 - maakerroksien ominaisuudet (maalaji, tiiviys, kivisyys ym.),
 - kallion pinnan asema, mikäli sillä on vaikutusta.Selvitettävä myös, kuinka luotettava tieto kallion pinnan asemasta on.
- pohjavesipinnan asema,

— muut mahd. esille tulevat seikat.

- 3) Alustavat arviot perustamismahdollisuuksista.

Tämä osa ei ole täysin välttämätön vielä tässä vaiheessa. Haluttaessa ja tarvittaessa voidaan kuitenkin esittää, mitkä perustamistavat ovat mahdollisia ja millä edellytyksillä.

- 4) Sillan pienehköjen siirtojen tai tukien sijoituksen vaikutus perustamistapaan.

- 5) Muita yksityiskohtaisia tietoja.

Alustavan lausunnon voi myös korvata yhteenveto suunnittelijoiden kesken käydyistä neuvotteluista.

Tarkempia ohjeita

Kohta 2.36 sekä osa IV.

Tehtävä 17

ALUSTAVA KUIVATUS JA MAISEMANHOIDON PERIAATTEET

Tehtävän tarkoitus

Tarkoituksena on maarakennusteknillisten tekiöiden huomioon ottaminen kuivatuksen ja maisemanhoidon alustavassa suunnittelussa.

Työvaiheet

- 1) Kuivatuksen alustavassa suunnittelussa otetaan huomioon maarakennusteknilliset näkökohdat ja niiden mahdolliset vaikutukset kuivatuksen periaateratkaisuihin.
- 2) Selvitetään alustavan maisemanhoitosuunnitelman yhteydessä, tuleeeko siinä esiin tekijöitä, jotka tulisi massataloutta suunniteltaessa ottaa huomioon:

— voidaanko kelpaamattomia maseja käyttää esim. eritasoliittymäalueiden muotoiluun,

— saadaanko maisemanhoidollisista leikkauksista mahdollisesti kelvollista tienrakennusmateriaalia.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Tarkkuus liikkuu periaateratkaisujen tasolla.

Tarkempia ohjeita

Osat IV ja V.

Tehtävä 18

I MASSALASKENTA

Tehtävän tarkoitus

Otetaan huomioon maarakennusteknilliset näkökohdat ensimmäistä massalaskentaa tehtäessä.

Työvaiheet

- 1) Tyypipoiikkileikkauksien tarkastaminen maarakennusteknilliseltä kannalta.
- 2) Jaetaan tielinja karkeasti todennäköisen päällysrakennevahvuuden edellyttämiin jaksoihin.
- 3) Otetaan kallonpinta huomioon tähän mennessä kertyneiden tietojen pohjalta.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Massalaskennassa käytetään ainoastaan muutamia tyypipoiikkileikkauksia. Tien kallistuksia ja muita yksityiskohtia ei yleensä oteta huomioon.

Tehtävä 22

TIEN MAAPERÄTUTKIMUKSET

Tehtävän tarkoitus

Hankitaan maaperäolosuhteista riittävästi tietoja ottaen huomioon sekä suunnittelussa että rakentamisessa tarvittava informaatio.

Työvaiheet

- 1) Aikaisemmissa vaiheissa suoritettujen kairauspisteiden paikan määrittely uuden linjan suhteen laskennallisesti koordinaattien avulla tai graafisesti kartalta.
- 2) Maaperätutkimusten ohjelmointi.
- 3) Maaperätutkimuksien suorittaminen tutkimuskohtaan liittyvine mittauksineen ja vaaituksineen.
- 4) Tutkimustuloksien piirtäminen.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Maaperätutkimuksien suorittamisessa pyritään lopulliseen laajuuteen.

Tarkempia ohjeita

Kohdat 1.2...1.3 ja 2.3 sekä osa I.

Tehtävät 22 ja 24

ALUSTAVAT MASSANKÄYTTÖ- RATKAISUT JA MASSATILAN- TEEN TARKASTAMINEN

Työvaiheet

- 1) Leikkauksien maaperätutkimuksien käsittely:
 - kallion asema,
 - leikattavien materiaalien käytökelpoisuus. Kelpaamattomien massojen erottaminen,

— ovatko I massalaskennan perusteet huomattavasti muuttuneet (kallion asema).

- 2) Pohjamaan luokkarajojen määrittäminen maaperätutkimuksien perusteella.
- 3) Piirretään karkea massakäyrä (pituuskaava 1: 10 000, korkeuskaava tilanteen mukaan).
- 4) Luodaan yleiskuva massatilanteesta kokonaisuutena.
- 5) Jaetaan tie massatalousalueisiin, joiden puitteissa materiaalien käyttö on järkevää suunnitella.
- 6) Paikallistetaan massojen käytön kannalta oleellimmat pisteet. Suuret penkereet, pohjaantäytöt ja leikkaukset.
- 7) Tehdään yleistilanteen pohjalta tärkeimmät materiaalinkäyttöraiskaisut. Lähinnä tutkitaan suurten leikkausten käyttö penkereisiin ja pehmeikköihin sekä varaukset päällysrakenteeseen.
- 8) Selvitetään suurimpien kivipenkeiden sijainnit.
- 9) Varamaan tarve ja mihin kohtiin linjalla sitä lähinnä tarvitaan.
- 10) Päällysrakennetyypit ja päällysrakennemateriaalin hankinnan periaateratkaisut. Sorasta vai kalliosta. Tielinjalta vai ulkopuolelta.
- 11) Voidaan analysoida suunnitelman massansiirtokustannukset käyttämällä lineaarista ohjelmointia tai muuta tietokoneen käyttöön perustuvaa menetelmää. Laskennan tuloksista voidaan lukea, mitkä leikkaukset ja penkereet ovat suhteellisesti kalliimmat, ja tehdä johtopäätökset siitä, mistä koh-

din tasausta olisi muutettava. Edelleen voidaan verrata kustannuksia, mikäli ensimmäisessä mas-
salaskennassa on ollut mukana useampia tasausvaihtoehtoja.

- 12) Mahdolliset esitykset tasauksen muuttamiseksi.

Työn ja laskelmien tarkkuus

1. Massatiedot $\pm 1000 \text{ m}^3$.
2. Kustannuslaskelmat $\pm 10\,000 \text{ mk}$.

Massataloutta arvosteltaessa huomioon otettavat kriteeriot

- 1) Tien rakentamiskustannukset saatava mahdollisimman pieneksi.
- 2) Massoja käsiteltävä mahdollisimman vähän.
- 3) Kelvollisia massoja ei pidä ajaa kaatopaikalle.
- 4) Kelvottomia massoja pyrittävä leikkaamaan mahdollisimman vähän.
- 5) Massojen siirto ja työn kulku saatava järkeväksi ja työstä tultava teollisen rakentamisen vaatimukset täyttävä.
- 6) Materiaalin käyttö saatava mahdollisimman taloudelliseksi; ei käytetä tarpeettoman hyviä massoja.
- 7) Pyrittävä tulemaan toimeen tielinjan massoilla.
- 8) Otettava huomioon alueen muut maarakennuskohteet, joista mahdollisesti saa ylijäämämassoja tai jotka voivat käyttää tielinjalta tulevia materiaaleja.

Tarkempia ohjeita

Osa V.

Tehtävä 23

TIEN ALUSTAVAT GEOTEKNIL- LISET RATKAISUT

Työvaiheet

- 1) Tutkimustuloksien analysointi.

— Erikoistapauksissa neuvottelu geologin kanssa (esim. mikäli tutkimustuloksien analysointi on vaikeata ilman perusteellisia tietoja maakerrostumien syntyhistoriasta tai milloin sen tunteminen saattaa vaikuttaa geoteknillisiin ratkaisuihin).

- 2) Vakavuusarviot.

- 3) Painuma-arviot.

- 4) Vaihtoehtojen muodostaminen, muutosehdotukset ja niiden käsittely.

— Eri rakennusmahdollisuuksien arviointi, kokemukseen perustuva mahd. alustava karsinta.

— Tasausta ja pieniä linjan korjauksia koskevat muutosehdotukset ja niiden käsittely.

— vakavuutta parantavat ja/tai painumia pienentävät muutosehdotukset,

— halvemman pohjanvahvistustavan mahdollistavat muutosehdotukset,

— pohjanvahvistustapojen itsensä aiheuttamat vaatimukset,

— rakennustyön suorittamista helpottavat muutosehdotukset (kuivakuoren säilyttäminen ym),

— kuivatusjärjestelyitä, esim. rumpujen sijoitusta ja las-

kuojajärjestelyitä koskevat ehdotukset,

- tulevia rakennusvaiheita koskevat ehdotukset (ajoratojen erottaminen ym.),
- muutosehdotukset käsitellään neuvottelemalla muiden suunnittelijoiden kanssa.

- 5) Vaihtoehtojen alustava geoteknillinen suunnittelu.
- 6) Vaihtoehtojen kustannusten laskeminen.
- 7) Alustavan pohjanvahvistustavan ratkaisu:
 - Vaihtoehtojen monipuolinen vertailu ja edullisimman valinta.

Työn ja laskelmien tarkkuus

- 1) Vakavuuslaskelmat tapauksen mukaan, yleensä pääasiassa valmiita diagrammeja ja likimääräislaskelmia käyttäen pyrkimättä täysin lopulliseen mitoitukseen.
- 2) Painumalaskelmat yleensä lopullisen tarkasti. Tien tasauksen mahdollisten muutoksien vuoksi on usein edullista selvittää painumat erikorkuisille penkereille.
- 3) Vaihtoehtoisten pohjanvahvistustapojen alustava geoteknillinen suunnittelu tapauksen mukaan harkittavan tarkasti. Yleensä riittää pohjanvahvistustavan kokonaiskustannuksien selvittäminen $\pm 10\,000$ mk tarkkuudella.

Työn tuloksena esitetään

- 1) Alustavat pohjanvahvistustavat.

- 2) Alustavien pohjanvahvistustapojen vaatimien massojen määrä ja laatu:

- poistettavat huonolaatuiset massat,
- massanvaihtojen täyttömassat,
- ylipengermassat,
- vastapengermassat,
- paalutuksien vaatima louhe yms. erikoismassat.

- 3) Pohjanvahvistustöiden kustannusarvio tiesuunnitelmaa varten.
- 4) Tilavaraukset tiesuunnitelmaan vastapenkereiden, luiskaloivennusten tms. johdosta.

Tarkempia ohjeita

Kohta 2.2 sekä osa IV.

Tehtävät 25 ja 26

TIESUUNNITELMA JA YKSITYISTEIDEN JÄRJESTELYSUUNNITELMA

Tehtävän tarkoitus

Tarkoitus on liittää tiesuunnitelmaan siinä määrin maarakennusteknillisiä tietoja kuin juridinen käsittely edellyttää.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Tiesuunnitelman edellyttämä tarkkuus. Graafinen tarkkuus riittää yleensä. Ratkaisujen tulee olla siinä määrin tutkittuja, että tielinjaan ja tasaukseen ei tarvitse tehdä myöhemässä vaiheessa oleellisia muutoksia.

Tehtävä 28

II JA III MASSALASKENTA

Työvaiheet

- 1) Lopullisten rakenteellisten tyyppi-poikkileikkausten valinta.
- 2) Massalaskennan lähtötietojen antaminen:
 - pohjamaaluokitus,
 - siirtymäkiilat,
 - kuivatuksen vaikutus poikkileikkauksiin.
- 3) Massalaskentatulosten tarkastaminen.
- 4) Tarkistetaan, onko tietokone käsitelty esim. yhdistetyt poikkileikkaukset parhaalla mahdollisella tavalla.

Tehtävä 29

LOPULLINEN LINJAUS JA TASAUS

Tehtävän tarkoitus

Selvitetään kaikki tekijät, jotka maarakennusteknilliseltä kannalta tulee ottaa huomioon, kun tien linja ja tasaus päätetään lopullisesti.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Tarkkuus on lopullista tarkkuutta. Muutokset tässä vaiheessa saattavat olla esim. luokkaa, jolloin pitemmällä matkalla tasauksen muutos on 20 cm.

Tehtävä 30

LOPULLINEN MATERIAALINKÄYTTÖSUUNNITELMA

Työvaiheet

- 1) Alustavien massankäyttöratkaisujen jälkeen tehdyt muutokset.

- 2) Tientekoaineen ottopaikkojen ja läjitysalueiden sijainti ja työmaantieverkko.
- 3) Lopulliset materiaalinkäyttöratkaisujen vertailulaskelmat. Lasetaan tielinjan ulkopuolelta tarvittavien massojen määrä ja ratkaistaan, mistä ne otetaan.
- 4) Massansiirtosuunnitelman tarkentaminen massalaskentatulosten, lopullisten pohjanvahvistusratkaisujen ja rakennusteknillisten näkökohtien kannalta.
- 5) Neuvottelut rakentajan ja työnsuunnittelijan kanssa rakennusteknillisistä ja työn järjestelyyn liittyvistä asioista.
- 6) Toimintaverkkotekniikan avulla voidaan tietokoneella tehdä rakennustyölle karkea työohjelma ja kontrolloida, tuleeko työn aikana esiin sellaisia tekijöitä, jotka olisi otettava huomioon massankäyttöratkaisuja tehtäessä ja mahdollisesti tien rakenteellisissa ratkaisuissa (esim. vuoden aikojen vaikutus). Tiivis yhteistyö rakennustyön työnsuunnittelijan kanssa on paikallaan.
- 7) Massalaskentatulosten lopullinen muokkaaminen ja massakäyrän piirtäminen.
- 8) Mikäli mahdollista pyritään tekemään työlle alustava rakentamisohjelma, jonka mukaan tehdään lopulliset massansiirtosuunnitelmat.
- 9) Selvitetään lopullinen läjitysalueen tarve, kuinka paljon ja minne kelpaamattomia maita ajetaan.
- 10) Tutkitaan, voidaanko mahdolliset huonolaatuiset materiaalit saada

sopivissa olosuhteissa käyttökelpoisiksi jalostamalla.

Työn ja laskelmien tarkkuus

- 1) Massatiedot käsitellään lopullisella tarkkuudella, $\pm 100 \text{ m}^3$.
- 2) Massansiirtosuunnitelma tehdään $\pm 1000 \text{ m}^3$ tarkkuudella.
- 3) Vertailevat kustannuslaskelmat $\pm 10000 \text{ mk}$.
- 4) Massansiirtosuunnitelman tehtävänä on lähinnä

- kontrolloida suunnitelman massatalous,
- oltava perustana suunnittelijan tekemille massankäyttöratkaisuille (esim. kivipenkereiden sijainti ja päällysrakennevahvuudet)
- helpottaa urakointitapauksessa urakoitsijaa tarjouksentekovaiheessa saamaan nopeasti käsitys rakennuskohteen massatöiden luonteesta ja määristä.

Tarkempia ohjeita

Osa V.

Tehtävä 30.

TIEN MAAPERÄTUTKIMUKSEN TÄYDENTÄMINEN

Työvaiheet

- 1) Maaperätutkimuksien ohjelmointi.
- 2) Maaperätutkimuksien suorittaminen tutkimuskohtaan liittyvine mittauksineen ja vaaituksineen. Täydennystutkimukset voivat olla esim. seuraavia:

- pehmeikköjen reunaosissa tehtäviä tarkistuksia, esim. paalutuksen lopettamiseen yms. liittyviä, pääasiassa painokairauksia (puristinkairauksia)
 - tutkimustulosten ristiriitaisuuden vuoksi tai muista syistä epäilyttävien tutkimusten tarkistuksia.
- 3) Tutkimustuloksien piirtäminen
 - Täydennystutkimukset lisätään aikaisemmassa vaiheessa laadituille alkuperäiskuulloille.

Tehtävä 30

LOPULLISET SILTAPAIKKA-TUTKIMUKSET

Tehtävän tarkoitus

Täydennetään maaperätutkimukset lopullisiksi ottaen huomioon sekä suunnittelussa että rakentamisessa tarvittava informaatio.

Hankittavat lähtötiedot

Sillan luonnospiirustukset.

Työvaiheet

- 1) Tarvittaessa neuvottelu sillansuunnittelijan kanssa. Neuvottelussa käydään läpi seuraavat asiat:
 - Sillansuunnittelijan laatimat luonnospiirustukset, siltatyypin ja sen tukien epätasaisille painumille asettamat vaatimukset, tukien sijainti, alustava perustustapa ja perustamissyvyys jne.

- Alustavien maaperätutkimuksien läpikäynti sekä vertaaminen sillansuunnittelijan luonnospiirustuksiin.
 - Eri perustusmahdollisuuksien läpikäynti sekä siltateknilliseltä että geoteknilliseltä kannalta.
 - Tarvittavien täydentävien maaperätutkimuksien arvioiminen.
- 2) Maaperätutkimuksien yksityiskohmainen ohjelmointi.
 - 3) Maaperätutkimuksien suorittaminen tutkimuskohteeseen liittyvine mittauksineen ja vaatuksineen.
 - 4) Tutkimustuloksien piirtäminen.
 - Alustavat ja lopulliset siltapaikantutkimukset yhdistetään tavalla tai toisella yhtenäiseksi piirustussaraksi.

Tarkempia ohjeita

Kohta 1.31.

Tehtävä 31

LOPULLISET SILTOJEN GEOTEKNILLISET LAUSUNNOT

Työvaiheet

- 1) Tutkimustuloksien analysointi.
- 2) Perustustapojen arviointi.
- 3) Geoteknillisen lausunnon kirjoittaminen.
- 4) Tarvittavat jatkoneuvottelut sillansuunnittelijan kanssa esim. sillansuunnittelijan laatiessa siltakohtaista työselitystä.

Työn ja laskelmien tarkkuus

Lausunto käsittää lopulliset suunnittelijalle osoitetut ohjeet. Työtapa

(esim. paalutusohjeet) yms. lähinnä rakentajaa koskevien ohjeiden osalta voidaan tyytyä vain viittauksiin tai pyytää sillansuunnittelijaa ottamaan neuvotteluyhteys siltakohtaisten työselityksien laatimisvaiheessa. Työselitykset laatii yleensä sillansuunnittelija myös perustustöiden osalta, ellei toisin sovita.

Työn tuloksena esitetään

1) Lausunto perustamisolosuhteista:

- Maaperätutkimusmenetelmiin ja tutkimustuloksiin liittyvät kirjalliset lisätiedot.
- Perustamisolosuhteiden kuvaus. Alustavan lausunnon vastaava osa täydennettynä jatkotutkimuksissa saaduilla lisätiedoilla.
- Perustamistapa. Erikoistapauksissa voi esiintyä vaihtoehtoisia perustamistapoja, jolloin lopullinen teknillistaloudellinen vertailu ja valinta jää sillansuunnittelijalle (esim. perustaminen maavaraisesti mahdollista, mutta kallio on lähellä).
- Perustamistapaa (tai vaihtoehtoja) koskevat lähemmät ohjeet.

Tehtävä 31

LOPULLINEN POHJANVAHVISTUSSUUNNITELMA

Hankittavat lähtötiedot

- 1) Lopullinen linjaus ja taseus.
- 2) Pohjanvahvistusalueille tulevien siltajen yleispiirustukset.

Työvaiheet

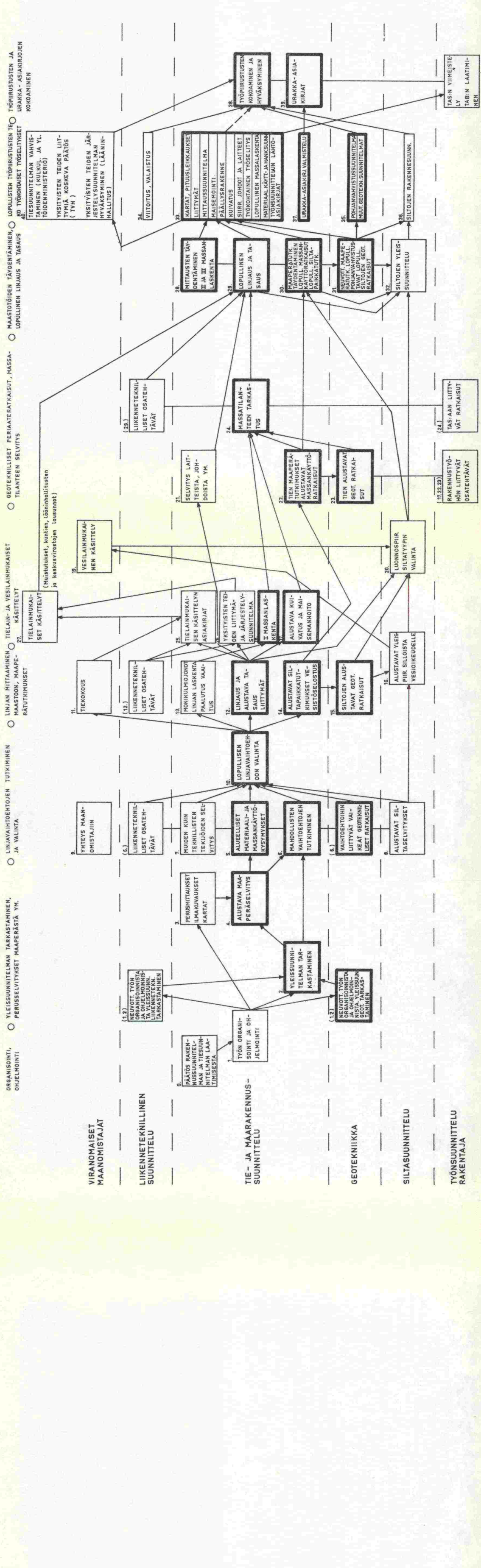
- 1) Alustavien geoteknillisten ratkaisujen jälkeen tapahtuneiden muutosten erittely ja niiden vaikutuksen arvioiminen.
- 2) Lopulliset geoteknilliset laskelmat ja alustavien laskelmien tarkistukset.
- 3) Lopullisen pohjanvahvistustavan ratkaisu ja lopullisten suunnitelmien laatiminen. Lähinnä seuraavia uusia näkökohtia tulee tässä vaiheessa esille:

- vastapenger- ym. mitoituksiin tulevat myös massataloudelliset ja maisemanhoidolliset näkökohdat,
- paalutuksessa koepaalutustarpeen arvioiminen, ohjeet koepaalutuksesta,
- kitka- ja koheesiopaalujen lopullinen mitoitus perustuu yleensä koekuormitukseen, joka käytännöllisistä syistä johtuen yleensä suoritetaan rakennustyön alkuvaiheissa, jonka jälkeen lopullinen mitoitus voidaan suorittaa. Tässä vaiheessa ohjeet koepaalujen lyömisestä ja koekuormituksen suorittamisesta,
- pohjanvahvistusten päättymisen pehmeikön reunaosissa sekä liittyminen siirtymäkiiloihin ym. rakenteisiin.

- 4) Kuivatussuunnitelmaan, pohjavesien suojaukseen, maisemointisuunnitelmaan, valaistussuunnitelmaan ym. liittyvät geoteknilliset tehtävät.

- 5) Lopullisten massojen ja yksikkömäärien laskeminen lopullista materiaalinkäyttö- ja hankintasuunnitelmaa sekä massaluetteloja ja mahdollisia urakka-asiakirjoja varten.
- 6) Suunnitelmapiirustuksien puhtaaksi piirtäminen.
- 7) Suunnitelmapiirustusten mahdollinen pienentäminen.
- 8) Pohjanvahvistustöiden työselityksen ja muiden kirjallisten selvityksien laatiminen.

Kuva 39: Toimintaverkopiirros tien rakennussuunnitelman ja tiesuunnitelman laatimisesta.



2.2 Maaperäsuhteet ja rakenteiden sovittaminen maastoon

Maaperätutkimukset ja -selvitykset eivät rakennusalan suunnittelutehtävissä saa olla pelkästään ennalta määrittäytyn tie-, rata-, kanava- tms. linjaan kohdistuvaa toimintaa, vaan niiden tulee olla aktiivisesti rakennuskohteen sijoitukseen maastossa ja alueiden käyttötapaan vaikuttava tekijä.

Rakenteen sijoituksella on huomattava vaikutus rakennuskustannuksiin. Pelkästään epäedullisesta rakennuspaikasta aiheutuvat ylimääräiset perustus/pohjanvahvistuskustannukset saattavat helposti aiheuttaa rakennuskustannuksissa 10 % suuruusluokkaa olevan nousun. Kun kysymyksessä on maarakennuskohde, esim. tie, rautatie tms., jossa rakennetaan maa-aineksesta maapohjalle, on maaperäsuhteiden vaikutus rakennuskustannuksiin luonnollisesti vielä suurempi.

Suunniteltavasta rakenteesta riippuu ratkaisevasti, millä tavalla geologia vaikuttaa rakenteen yleissuunnitteluun. Tiesuunnittelijalle irtomaalajit ja niiden heikkousalueet, pehmeiköt, merkitsevät eniten, kun taas esim. peruskallio ja sen heikkousalueet, ruhjeet, ovat lähinnä tunnelisuunnittelijan sydäntä. Seuraavassa käsitellään aihetta tiesuunnittelun kannalta. Siltasuunnittelun osalta on vastaavia asioita käsitelty kohdassa 1.311.

Maaperäsuhteet on otettava huomioon kaikissa tien suunnitteluvaiheissa tieverkko- ja yleissuunnitteluvaiheen alkaessa tapahtuvasta tien-

suuntien hahmottelusta aina rakennussuunnitteluvaiheen "hienosäätöön". Kullakin vaiheella on luontaiset tarkkuus- ym. vaatimuksensa siten, että suunnittelun edistytessä tarkkuusvaatimukset kasvavat, mutta samalla tarkastettava alue ja käytettävissä olevien ratkaisumahdollisuuksien määrä supistuvat voimakkaasti.

2.21 GEOLOGISTEN KOKONAISPIIRTEIDEN VAIKUTUS

Tien suuntausta harkittaessa ja mahdollisia vaihtoehtoja hahmoteltaessa on aluksi tarkastettava maastoa riittävän laaja-alaisesti kiinnittäen huomiota suurempiin geologisiin muodostumiin ja alueisiin. Monesti voidaan jo tällä tavalla erottaa maastosta alueita ja maastokäytäviä, jotka tienrakennuksen kannalta ovat eritasoisia. Erityisen voimakkaasti rajaavat käyttökelpoisia alueita luonnollisesti vesistöt. Maaperäsuhteiden kannalta kannattaa luonnollisesti pyrkiä suunntaamaan tie parhaimmille alueille.

Erityisesti harjut ovat maaperän kannalta paras mahdollinen tiepohja. Parhaat tiet Suomessa kulkevatkin suurien harjumuodostumien (esim. Lohjanharju ja Salpausselkä) päällä.

Harjualueisiin liittyy tienrakennuksen kannalta eräitä haittojakin, mitkä tosin pääasiassa johtuvat siitä, että muutkin intressipiirit ovat näistä alueista kiinnostuneita. Paitsi että harjut ovat muillekin rakenteille erin-

omainen rakennuspohja, ne ovat pohjaveden muodostumisen sekä rakennusmateriaalin kannalta avainasemassa. Tämä merkitsee erityisesti asutuskuskuksien läheisyydessä näiltä alueilta jatkuvasti muihin rakennustarkoituksiin tapahtuvaa rakennusmateriaalin ottoa sekä pohjaveden ottamoja suoja-alueineen, jotka saattavat vaatia tieltä ylimääräisiä sekä rakennusaikaa että käyttötilaa koskevia suojaustoimenpiteitä. Tulevaisuudessa joudutaan todennäköisesti myös ottamaan huomioon soravarojen käytön koordinoiti eri intressipiirien kesken.

Kallio- ja moreenialueet ovat, näille alueille tyypillisistä vähäisemmistä soistumista huolimatta, sinänsä kantava rakennuspohja. Hankaluudet aiheutuvat paikoitellen suuriin massatöihin johtavasta jyrkkäpiirteisestä topografiasta sekä materiaalin vaikeasta irrotettavuudesta ja käsittelystä sekä pohjavedestä.

Savikot ja laajemmat suoalueet merkitsevät vaikeuksia tien perustamistöiden sekä tien massatalouden kannalta.

Suomessa on topografiassa ja geologiassa monilla seuduilla havaittavissa alueen kehityshistoriasta johtuvaa suuntautuneisuutta, yleensä suunnassa luode-kaakko... pohjois-etelä. Harjumuodostumat sekä Etelä-Suomen rannikkoalueen suuret laaksomuodostumat, syvät merenlahdet sekä Suomenlahteen laskevat joet kulkevat tässä suunnassa. Tielinja, joka kulkee tällaista voimakaspiirteistä "geologian suuntaa" vastaan, esim. em. Etelä-Suomen rannikkoalueilla länsi-itäsuuntainen tielinja, on vaikea, koska mah-

dollisuudet pehmeikköjen väistelyyn ovat vähäiset ja koska pehmeikkölaaksojen välillä saattaa olla suhteellisen korkeitakin selänteitä, jotka ovat vielä omiaan aiheuttamaan tasausviivan nousua alavammilla huonosti kantavilla välialueilla.

Mikäli taas tielinja kulkee "geologian suunnassa", esim. Etelä-Suomessa pohjois-eteläsuunnassa, on taas mahdollisuus linjata maaperän kannalta hyvin eritasoisia tiesuuntia. Voidaan perinnäistä tien linjaustekniikkaa noudattaen suunnata tie suuria maa- ja kalliroleikkauksia peläten pitkiin laaksomuodostumiin, jotka kuitenkin pehmeäpohjaisina saattavat olla erittäin epäedullisia sekä pohjanvahvistusten että tienrakennusmateriaalin saannin kannalta. Toinen, etenkin korkealuokkaisilla teillä harkinnan arvoinen vaihtoehto on pyrkiä sijoittamaan linja tien ideaalilinjan suunnassa tavattaville maa- ja kallioselänteille. Maapohja on tällöin mäkisempää ja perinteellisesti ajatellen suurempiin massatöihin johtavana epäedullisempaa, mutta lopputulos saattaa silti olla edullisempi sekä rakennuskustannuksien että lopputuloksen laadun kannalta (kuva 40).

Eri osissa Suomea esiintyviä geologisia olosuhteita on käsitelty osassa I kohta 1.

2.22 LINJAN TARKEMPI SIJOITUS

Onnistunut tielinja myötäilee loivasti maaston topografiaa ja geologiaa. Suurien massatöiden välttämiseksi väistellään mahdollisuuksien mu-

Kuva 40:

Nykyinen yksiajorainen tie (ollut moottoritien suunnan eräänä vaihtoehdona) kulkee paitsi savi-kerrostumia käsittävää jokilaaksoa. Uusi moottoritiesuunta seuraa samansuuntaista kallio- ja moreeniselänteitä. Vaihtoehtojen erot geotekniikan ja maarakennustekniikan kannalta ovat erittäin suuret.

Helsingin—Labden moottoritie Tattarivarjun ja Keravan välillä.



kaan korkeampia yksittäisiä kallio- ja moreenimäkiä, muistaen kuitenkin, että päällysrakenteen, penkereiden ja pohjanvahvistusten synnyttämä massatarve on jostakin tyydytettävä. Mikäli on ylitettävä yhtenäinen mäkiä ja selänteitä käsittävä maasto, yritetään hakeutua mäkien välisiin soljiin.

Kuitenkin leikkauksien välttämiseksi tulee pysyä kohtuudessa. Esim. Etelä-Suomen olosuhteissa mäkien ja kallioiden vältteleminen saattaa merkitä samaa kuin pehmeikköjen etsiminen. Kannattaa harkita, onko tällainen kaikki tien toivelinjan lähistön pehmeiköt kiertävä "helminauha" todella edullisin tienpohja.

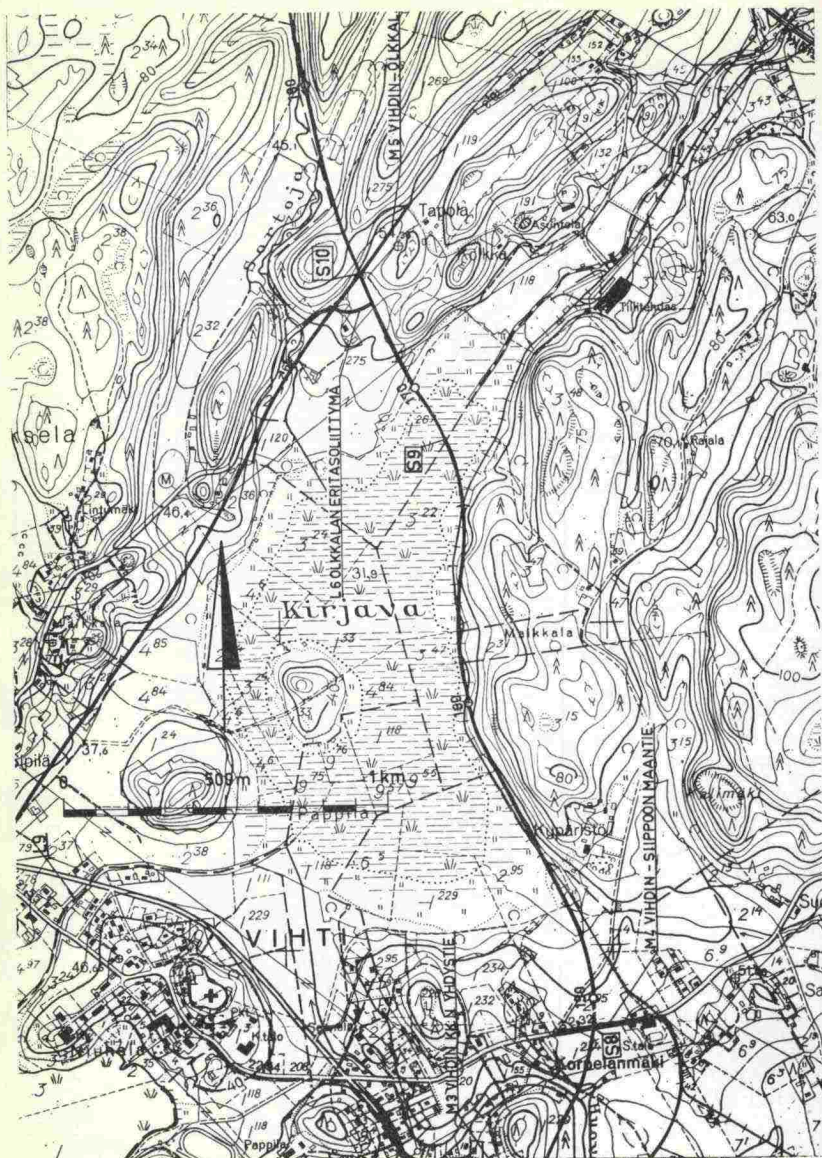
Erityisesti korkealuokkaisilla teillä kannattaa pyrkiä väistelemaan laajempia pehmeikköalueita, erityisesti laajoja suoalueita. Mikäli pehmeikköä ei voida kiertää, pyritään alue ylittämään mahdollisimman edulliselta kohdalta. Pohjanvahvistusten kannalta tämä on yleensä linja, jolla ylitettävä pehmeikkö jää lyhimmäksi (kuvat 41 ja 42) ja pehmeikön syvyys on matalin, käyttäen tilaisuuden tullen hyväksi kovan pohjan selänteitä ja kumpareita. Jos kuitenkin pehmeikköalue on suhteellisen hyvälaatuinen siten, että se voidaan ylittää ilman erityisiä pohjanvahvistustoimenpiteitä, saattaakin olla edullista viedä tielinja ylitse kohdalta, jossa ns. kova pohja on — painumaeroja ajatellen — mahdollisimman tasainen, mikäli olosuhteet tällaisella linjalla eivät muuten huonone. Pitemmän painuma-alueen katkominen painumattomilla välialueilla aiheuttaa entistä enemmän painumaeroja ja mahdollisesti pohjanvahvistuksiakin

painumaerojen tasoittamiseksi, minkä vuoksi tasainen kokoonpuristuvien kerroksien paksuus on tavoitteena. Pehmeikköalueiden topografian puolesta alavimmat alueet ja erityisesti alueet, joilla kuivatusolosuhteet ovat huonot, ovat yleensä heikoimmat, ja niitä kannattaa tietenkin vältellä. Tällaiset heikoimmat kohdat ovat esim. peltoaukeilla maanviljelyksenkin kannalta huonompia, mikä ilmenee esim. kasvullisuuseroina ja ilmakuvissa tummempina alueina.

Erityisen epäedullisia ovat sivukaltevat koheesiomaa-alueet sekä pehmeikköalueilla kulkevien jokien ja ojien lähiympäristöt, jolloin maassa saattaa esiintyä jo valmiiksi huomattavia jännityksiä. Joskus tällaisilla alueilla on kysymys kokonaisen laajemman alueen esim. jokivarsitasangon sortumavaarasta, joskus huomattavasti pienipiirteisemmästä alueesta, jossa jopa muutaman metrin linjan siirto saattaa auttaa (kuva 43).

Myös ns. rantamuodostumat, joissa kitkamaakerrosten alapuolella saattaa esiintyä saviliepeitä, ovat epäedullisia alueita, jotka mieluummin kannattaa kohdata mahdollisimman kohtisuorassa kulmassa.

Erityistä huomiota on niin ikään kiinnitettävä paikkoihin, joissa joudutaan ylittämään tai alittamaan toinen kulkuväylä, tie, katu, rautatie tms. Kysymys ei ole pelkästä sillan rakentamisesta ja perustamisesta, vaan koko järjestelystä, joka käsittää tulopnkeret mahdollisine pohjanvahvistuksineen ja/tai maaleikkaukset mahdollisine luiskanvahvistuksineen ja kuivatusjärjestelyineen. Kahden eri



Kuva 41 (sivu 132):

Erittäin vaikean pehmeikön vaikutus tielinjaan: linja seuraa tiiviisti jyrkähköä rinnettä ja oikeasee lyhintä tietä pehmeikön yli. Pohjoisempaa on linja bakeutunut kallio- ja moreenialueiden väliseen solaan.

Helsingin—Porin valtatie Palojärven ja Olekkalan välillä, kuivatetun Kirjavajärven ylitys.

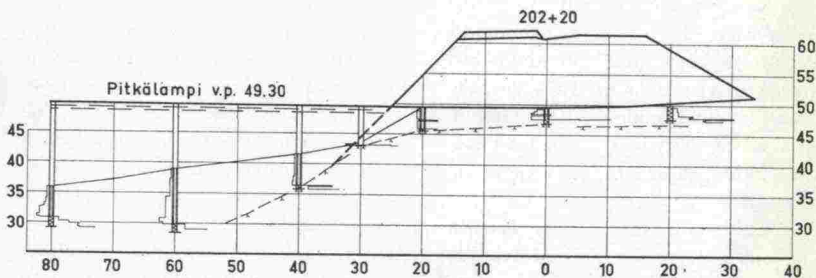


Kuva 42:

"Normaalin" pehmeikön ylitys. Tielinja seurailee peltoaukeaman molemmien puolin kovan maan ratoja oikeastakseen lyhintä tietä pehmeikön yli. Salon—Kiskon—Mustion maantie.

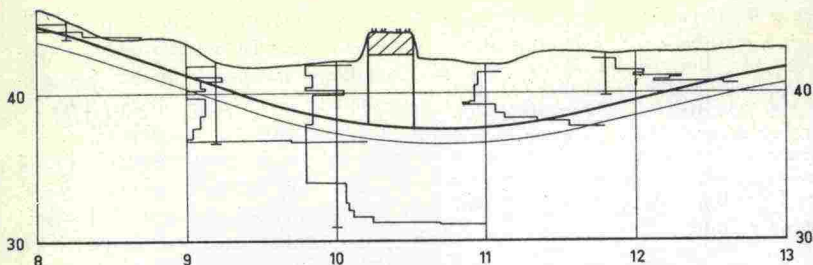
tasossa olevan kulkuväylän risteäminen tasaisella alueella on aina epäedullinen ratkaisu, erityisesti jos pohjasuhteet ovat epäedulliset. Tätä ei aina laajoilla tasankoalueilla voida välttää (kuva 44), mutta yleensä tulisi tällaisissa kohdissa pyrkiä käyttämään hyväksi luonnon järjestämiä maastonkohoutumia, jolloin selvittää pienemmällä penkereillä ja jolloin tiepenkereet voidaan tällöin saada aina-kin osittain kovalle maalle.

Erityisesti Etelä-Suomen olosuhteissa on varsin vaikeaa välttää sitä, etteikö ainakin osa eritasoliittymän rampeista ja risteävistä teistä joudu pehmeikölle, koska lähes kaikki laaksomuodostumat, joihin toinen tie joka tapauksessa on sijoitettava riittävän korkeuseron saavuttamiseksi, ovat pehmeäpohjaisia.



Kuva 43:

Kohda, jossa muutaman metrin linjan siirrolla voidaan tie saada vaarallisesta sivukaltevasta kohdasta kantavalle pohjalle. Helsingin—Turun moottoritie Gumbölen ja Veikkolan välillä.



Kuva 44:

Ratkaisu, joka on aina rakennusteknillisesti vaikea: syvä leikkaus koheesio- ja silttimaassa. Tässä tapauksessa geoteknillisesti erittäin epäedullista ratkaisua motivoivat kustannuskysymykset sekä rakenteen sopeutuminen kaupunkikuvaan. Kantatie n:o 67 Seinäjoen kaupungin alueella.

2.23 LINJAN JA TASAUKSEN VIIMEISTELY

Pehmeikköalueilla joudutaan tasausviivan asemassa mahdollisuuksien mukaan ottamaan huomioon rakennustapa. Perustettaessa tie suoraan pehmeän pohjamaan varaan on pehmeikköalueilla pyrittävä sijoittamaan tasaus mahdollisimman alas menemättä kuitenkaan mielellään rikkomaan kuiva-kuorta, jolla on merkityksensä penkereen vakavuudelle ja etenkin pienille paikallisille sortumille ja painumille. Paalutusta käytettäessä on niin ikään kustannussyistä pyrittävä viemään tasaus mahdollisimman alas, teknillisistä syistä johtuen tällaisissa tapauksissa tulisi pengerkorkeuden kuitenkin olla 170...180 cm.

Mikäli osuus rakennetaan massanvaihtona kaivamalla, ei geoteknillisillä näkökohdilla ole ratkaisevaa merkitystä tasausta suunniteltaessa, vaikka korkea penger merkitseekin leveämpää massanvaihtoa. Pohjaan-

täytössä on suurehkosta pengerkorkeudesta yleensä pelkkää hyötyä, koska tällöin pienenee murtotilan aikaansaamiseksi tarvittava ylipenger.

Jos massanvaihtotöissä on vaihtomassojen alapuolelle tarkoitus jättää koheesiomaalajeja, saattavat ne kuitenkin aiheuttaa pengerkorkeudelle rajoituksia.

Tien linjauksessa ja tasauksessa on aina otettava huomioon massojen hankkiminen päällysrakennetta, penkereitä ja pohjanvahvistuksia varten. Alueilla, joilta tällaisia materiaaleja on saatavissa, on täten tiesuuntaan nähden puoleensavetävä voima. Samoin tien tasauksella vaikutetaan saatavan materiaalin määrään (kuva 45). Edelleen kannattaa havaita, että korkealuokkaisella tielinjalla on leikkattava kalliota, jotta edes tarpeelliset päällysrakennekiviainekset saadaankin hankituiksi.

Edelleen pyritään välttämään huonolaatuisten maiden leikkaamista.



Kuva 45:

Edullisin tienrakennusmateriaalin ottopaikka on tielinja. Samalla saadaan tielle ilmaiseksi suuripiirteinen geometria.

Salon—Kiskon—Mustion maantie.



Kuva 46:

Kelpaako pehmeikölle rakennettu tienosa moottoritien toiseksi ajoradaksi? Tutkimuksissa on selvitettävä tienosan nykyinen laatutaso erityisesti epätaisten painumien osalta ajamalla osuus läpi autolla useilla eri nopeuksilla sekä selvittämällä sen päällysrakenne. Maaperätutkimuksissa on selvitettävä penkereen konsolidaatioaste ja jäljellä olevat painumat. Helsingin—Lahden valtatie Keravan ja Järvenpään välillä.

Massankäyttökysymyksiä on tarkemmin käsitelty kohdassa 2.13 sekä osassa V.

2.24 ERÄITÄ ERIKOIS- TAPAUKSIA

Moottoriteiden yleissuunnittelussa joudutaan usein harkitsemaan nykyisen kaksikaistaisen, 50-luvun lopulta tai 60-luvun puolelta peräisin olevan ja siten yleensä melko hyvin rakennetun ja vielä melko hyväkuntoisen tien käyttämistä hyväksi moottoritien toisen ajoratana. Etelä-Suomessa käy tällaisissa selvittelyissä jokseenkin säännöllisesti siten, että pehmeikköalueiden välissä kantavilla mailla kulkevat tieosuudet eivät maaston pienipiirteisyydestä johtuneen pienisäteisen geometriansa puolesta täytä nykyisiä vaatimuksia. Alueet, joilla nykyisen tien käyttämistä harkitaan, ovat suurempia pehmeikönlilyityksiä, joilla alava maasto on johtanut suuripiirteiseen geometriaan (kuva 46). Geotekniikan kannalta tilanne on sikäli nurinkurinen, että tiensuunnittelijalle kelpaavat tieosat ovat geoteknillisesti kaikkein heikoimpia.

Kyseiseltä ajalta peräisin olevissa teissä ovat pohjanvahvistukset, kustannussyistä ja pienemmistä liikenneteknillisistä vaatimuksista johtuen, suunnitellut painumien kannalta alhaisempaa standardia noudattaen kuin nykyisin moottoriteitä suunniteltaessa, mikä saattaa aiheuttaa vaikeuksia. Jos kuitenkin tällaisissa tapauksessa nykyisen tien jäljellä olevien painumien katsotaan rakennustyön yhteydessä tehtävien tasoitus- ja oikaisutöiden jälkeen pysyvän sallittavien rajoissa, saattaa nykyisen tien hyväksikäyttäminen olla hyvinkin edullista.

Jos pehmeiköllä vanha ajorata voidaan käyttää hyväksi moottoritien toisena ajoratana, on pohjanvahvistustavat syytä ottaa huomioon toisen ajoradan sijoituksessa. Esim. paalutus uuden ajoradan perustamistapana ei aiheuta yleensä mitään erikoisvaatimuksia tässä suhteessa, kun taas esim. massanvaihto pengertämällä on vaikea suorittaa vaurioittamatta vanhaa maavaraisesti rakennettua pengertä, ellei ajoratojen etäisyys toisistaan ole riittävän suuri.

Mikäli nykyinen tie ei tasoitettunakaan tai yksinkertaisilla toimenpiteillä täytä vaatimuksia, on sen sijainnista tiealueella yleensä yksinomaan haittaa. Päinvastoin rakentamalla uusi tie kokonaan eri paikkaan voidaan vanha tie säilyttää käyttökelpoisena esim. paikallisliikennettä varten.

Moottoriteiden osalta on mahdollista soveltaa molempien ajoratojen toisistaan riippumatonta linjausta ja tasausta, mikä merkitsee nykyistä leveämpiä, vaihtelevan levyisiä keski-kaistoja, jotka jäävät luonnontilaan. Maaperän kannalta tämä antaa eräissä tapauksissa mahdollisuuksia päästä aikaisempaa edullisempiin ratkaisuihin mm. pehmeikköjen väistelyn ja pohjanvahvistusten teknillisen suorittamisen kannalta.

2.25 RAKENTEEN LUOKAN JA LIIKENTEEN MERKITYS

Edellä esitetty on kirjoitettu lähinnä korkealuokkaisia päätteitä ajatellen. Alempiluokkaisilla teillä muuttuu monen tekijän merkitys toisenlaiseksi.

Alempiluokkaisilla teillä on norjem-

pi geometria ja niillä voidaan esim. helpommin väistellä pehmeikköjä. Toisaalta on kuitenkin niin, että korkeampiluokkaisia teitä rakennettaessa on suurempi tarve väistellä pehmeikköjä, koska näillä teillä on ankarammat painuma- ym. laatuvaatimukset sekä kankeampi geometria, joka pehmeikköalueilla helposti johtaa korkeampiin penkereisiin.

Ääritapauksia ajatellen on esim. yksityistien kannalta, jolle asetettava laatuvaatimus on henkilöautolla ajettavissa oleva pinta, kivikkoinen moreeni selvästi huonompi rakennuspohja kuin jonkinlaisella kuivakuorella varustettu savikko. Tässä tieluokassa merkitsee eniten pinnan työstettävyys, kivien, kantojen ym. esteiden raivaaminen sekä maanpinnan pienipiirteisten epätasaisuuksien tasoittaminen, mitkä näkökohdat taas esim. moottoritien linjauksessa eivät näyttele juuri minkäänlaista osaa.

2.26 MAAPERÄSUHTEET JA LINJAVAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Maaperäsuhteet vaikuttavat vaihtoehtojen vertailuissa sekä pohjanvahvistusten että materiaalin käyttökysymysten osalta.

Pohjanvahvistukset vaikuttavat sekä kustannuksiin että vaihtoehtojen laatuutasoon. Heikosti kantavilla alueilla ei tietä kustannussyistä voida aina rakentaa painumien kannalta täysin samantasoiseksi kuin kovalla maapohjalla. Vaihtoehtoja vertailtaessa on täten kustannuseron lisäksi otettava huomioon standardiero.

2.27 MAAPERÄSUHTEET JA MUUT NÄKÖKOHDAT

Tien sovittaminen maastoon ja mahdoll. vaihtoehtojen vertailu on tehtävä, jossa on otettava huomioon erityäin monia tekijöitä. Näistä tavallisia ovat maaston topografia ja edellä tarkemmin käsitelty geologia, liittyminen alueella jo olevaan tai suunniteltuun tieverkkoon, asutus kokonaisuutena sekä erilliset rakennukset, rakennusryhmät tai muut arvokkaat rakenteet, suunniteltu maankäyttö, luonnonsuojelualueet, historialliset muistomerkit, esteettiset ja mai-

semansuojelulliset näkökohdat ja erityisen painavina liikenneteknilliset ja -taloudelliset näkökohdat.

Edellä on käsitelty pelkästään maaperäsuhteiden huomioonottamista. Tämä suppea käsittelytapa johtuu tämän ohjekokoelman aihepiiristä eikä tällä haluta esittää, että maaperäkysymykset olisivat millään lailla tärkeämpiä kuin muut edellä lyhyesti luetellut tekijät. Parhaat ratkaisut syntyvät tietenkin silloin, kun kiihköttömästi ja tasapuolisesti otetaan huomioon kaikki asiaan vaikuttavat näkökohdat.

2.3 Järjestelyohjeita

2.31 TUTKIMUSTYÖMAAN PERUSTAMINEN

Tutkimustyömaan perustaminen merkitsee toisaalta työpaikkakohtaisen henkilöorganisaation luomista, toisaalta materiaalien ja toiminnallisten edellytysten (kairausvälineet, kuljetuskalusto jne.) hankkimista.

Tutkimusorganisaatio muodostuu tavallisesti seuraavista henkilöistä:

- geoteknillisen tutkimustyön ylivalvoja, joka huolehtii samalla geoteknillisistä laskelmista ja suunnittelusta tai on kiinteässä yhteydessä näitä hoitaviin henkilöihin,
- työmaan tutkimuspäällikkö (vastaava mestari eli maastotutkimusten johtaja), jolla on apunaan työmaatoimiston henkilöstö, vastaa tutkimustyömaan toiminnasta ja alaisistaan tutkimusryhmistä,

— tutkimustyönjohtajat, joilla on käytettävissään tarvittavat välineet, ammattitaitoiset kairajat ja apu-työvoimaa, vastaavat kairaustyön asianmukaisesta suorittamisesta.

Kun tutkimuspäällikkö on nimetty, on hänen vastattava mm. seuraavien työmaan perustamiseen liittyvien tehtävien hoitamisesta:

1) Työmaatoimiston perustaminen.

Toimiston sijoituksessa on pyrittävä mahdollisimman lähelle tutkimustyömaata niin, että tutkimusryhmien ohjaus ja valvonta voidaan tehokkaasti saavuttaa. Tärkeitä tekijöitä toimiston sijoituksessa ovat tieyhteydet (huom. myös talviolosuhteet), puhelinyhteyden saaminen, sähkönsaanti, postitoimipaikan ja kauppojen läheisyys jne.

Mikäli sopivaa vuokrattavissa olevaa toimistotilaa ei onnistuta hankkimaan, joudutaan toimisto pystyttämään parakkina tai tuomaan asuntovaunu.

Toimistotiloissa tulisi ottaa huomioon se, että varsinaisen toimistohenkilökunnan lisäksi olisi varattava tilaa myöskin tutkimustyönjohtajille, jotta näillä on mahdollisuus tilapäisesti esim. huonolla säällä tehdä tehtäviinsä liittyviä kirjallisia töitä, tutkimustulosten piirtämistä tms. Toimiston yhteyteen on varattava myöskin riittävät tilat kairausvälineiden kunnostusta ja varastointia varten.

- 2) Tutkimusluvut ja -ilmoitukset.
Tutkimuksen suorittajan oikeuksia ja velvollisuuksia on tarkemmin käsitelty osassa I kohta 6.
- 3) Työvoiman ja tutkimuskaluston hankkiminen.
Ennen töiden aloittamista tulee suorittaa käytettävissä olevien tutkimusresurssien (tutkimustyövoima ja -kalusto) tarkistus. Mikäli resurssit osoittautuvat riittämättömiksi, joudutaan palkkaamaan lisää työvoimaa, tekemään kairausvälinehankintoja tai vuokraamaan näitä. Viimeksi mainitusta voidaan mainita esimerkkinä kuljetuskalusto, traktorikaivurit, erilaiset porakoneet jne.

Erikoistutkimusten osalta, jotka edellyttävät erikoiskalustoa ja erikoistunutta tutkimustyövoimaa tulee lisäksi kyseeseen tutkimusten "aliurakointi", jolloin vastuu ko. tutkimusten osalta siirretään työn saaneelle konsulttitoimistolle tai

vastaavalle. Tutkimusaliurakat voidaan antaa joko laskutyöperustein tehtäviksi tai — kun kairausten määrä on suuri — pyytää niistä tarjousta yksikköhinnoin.

2.32 JÄRJESTELY JA TYÖN VALVONTA

Työmaatoimistolle keskitetty työmaan johto tarjoaa mahdollisuudet työnjakoon, jossa toimistolle on keskitetty rutiininomaiset kirjalliset ja laskennalliset tehtävät kuten tilitykset, palkanmaksut ja erilaiset tarvikelainnot, työvoiman otto ja irtisanominen jne. Tällöin työnjohtajalla on mahdollisuus entistä tehokkaammin hoitaa ja ohjata varsinaista tutkimustyön suoritusta.

Työmaatoimistolle kuuluu lisäksi valvoa keskitetysti, että tutkimusryhmien ja kalustojen kuljetukset tapahtuvat tarkoituksenmukaisesti niin, ettei turhia odotusaikoja pääse syntymään.

Geoteknillisten töiden osalta tutkimuspäällikkö on kiinteässä yhteydessä ylivalvojaan, jonka kanssa laaditaan tutkimusohjelmat ja -aikataulut sekä tehdään tarpeen vaatimat maastokäynnit.

Tutkimusryhmien valvonnan tulee tapahtua mahdollisimman säännöllisesti (mieluiten päivittäin) tapahtuvilla maastokäynneillä, joilla tutkimuspäällikkö voi tarkastaa ja antaa uusia ohjeita ja tutkimusohjelmia sekä keskustella työssä mahdollisesti ilmenneistä hankaluuksista. Lisäksi hän voi tällöin kerätä suoritettujen tutkimusten tulokset ja tarvittaessa huolehtia

maanäytteiden poiskuljettamisesta. Maastokäyntien yhteydessä tutkimuspäällikkö voi tarpeen mukaan ottaa yhteyttä maanomistajiin, jolloin hän voi informoida heitä suoritettavien tutkimusten laadusta ja suoritusajan kohdasta, pyytää eräissä tapauksissa tutkimuslupia tai neuvotella tutkimustyön aiheuttamista vahingoista, niiden korjaamisesta ja korvauskysymyksistä.

Työmaatoimiston tehtäviin kuuluu lisäksi työn tarkkailu työsuoritusten perusteella, tilastointi ja erilaiset ilmoitukset sekä kustannustarkkailu. Myöhempien selvitysten varalta tulee tutkimuspäällikön pitää tutkimustyömaasta päiväkirjaa tai muistiota, johon merkitään sääolosuhteet, keskeytykset ja poissaolot, yhteydenotto maanomistajiin, ylivalvojan työmaakäynnit jne.

Tutkimustulosten alustava piirtäminen voidaan suorittaa joko työmaatoimistossa tai suunnittelukonttorissa. Kun piirtäminen tehdään työmaatoimistossa, voidaan työnjohtajien esim. huonoista sääolosuhteista, tutkimuskaluston rikkoutumisesta tms. johtuvia odotusaikoja käyttää hyväksi piirtämiseen. Tämän lisäksi tulee tutkimustoimistossa olla aina varsinaiseen tutkimustulosten piirtämistyöhön perehtynyttä henkilökuntaa, jolloin tutkimustulokset saadaan heti käytettäväksi jatkotutkimusten suunnitteluun. Jos tulosten käsittelystä ja tutkimusohjelmien laatimisesta vastaa konttorissa oleva suunnitteluryhmä, on usein tarkoituksenmukaista siirtää tutkimustulosten piirtäminen kokonaan täällä olevien kokeneiden piirtäjien tehtäväksi.

2.33 TUTKIMUSAIKATAULUT JA -OHJELMAT

2.331 TUTKIMUSAIKATAULUT

Suuremmissa suunnittelukohteissa tulisi geoteknillisen suunnittelun nieltä kiinteästi muuhun suunnitteluun niin, että kaikissa ratkaisuvaiheissa geoteknilliset näkökohdat ja asiantuntemus maaperäsuhteiden arvioinnissa tulevat huomioon otetuiksi tehtävissä päätöksissä. Jo pelkästään kustannussyistä on näin muodostuneen suunnittelu- ja tutkimusryhmän laadittava aikataulu esim. toimintaverkoperiaatteella. Aikataulu tulee laatia siten, että kaikilla suunnittelun osapuolilla (esim. geoteknikko — tien suunnittelija — sillansuunnittelija — puutarha-arkkitehti jne.) on realistinen mahdollisuus suoriutua tehtävistään sovitussa ajassa. Geotekniikan osalta kytkeytyy tehtävään paitsi geoteknistä suunnittelua, yleensä myös huomattavan tutkimusohjelman läpivieminen.

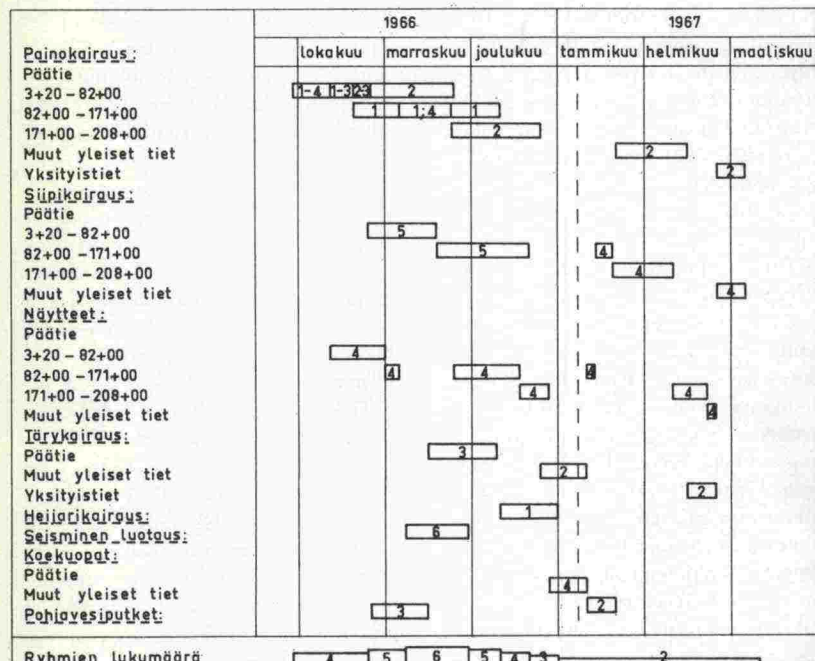
Tiukka geoteknillisten töiden aikataulu pakottaa usein töiden tarkkaan ennakkosuunnitteluun ja aikataulujen laatimiseen. Kuvassa 47 on esitetty esimerkki erään keskisuuren tutkimustyömaan aikataulusta. Kuvan yläladasta käy ilmi muodostetun suunnitteluryhmän kanssa sovitut ajankohdat geoteknillisten ratkaisujen valmistamisesta. Kuvan alaosa käy ilmi maastotöiden aikataulu eräänä ajankohtana. Ajankohtaa edeltävä osa aikataulusta on korjattu kairaustöiden todellisten kestoajkojen ja kairausryhmien lukumäärän mukaisesti, sen jälkeinen osa on arvio jäljellä olevien

Helsingin - Porin valtatie,
välillä
Palojärvi - Olkkala

- Pohjanvahvistustavat ratkaistu
● Suunnitelma esitarkastusvaiheessa
● Geoteknilliset asiakirjat valmiina

Tavoiteajat

Päätie	1966			1967									
	mar- ras	jou- lu	tam- mi	hel- mi	maa- lis	huh- ti	tou- ko	kesä	heinä	elo	syys	loka	mar- ras
3+20 - 82+00			○				○						●
82+00 - 171+00				○				●					●
171+00 - 208+00													●
Muut yleiset tiet				○					●				●
Yksityistiet					○					●			●
Leikkaustutkimukset							○			●			●



Ryhmien lukumäärä

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. ryhmä Tj. Paaso | 4. ryhmä Tj. Rossi |
| 2. -"- Tj. Hallakero | 5. -"- Tj. Väänänen |
| 3. -"- Tj. Lähteellä | 6. -"- Tj. Tarkiainen |

Kuva 47:

Esimerkki tutkimustyömaan aikataulusta.

tutkimusten suoritusajoista ja tarvittavien ryhmien lukumäärästä. Tässä tapauksessa on tarkalla ennakkosuunnittelulla pyritty paitsi säilyttämään sovittu aikataulu, myös mahdollisimman pieniin tutkimuskustannuksiin. Eri kairaukset on tahdistettu siten, että turhia odotusaikoja ei pääse syntymään ja että tavoiteltu säännöllinen työllisyys voidaan saavuttaa.

Tiivis aikataulu, jossa tutkimustyöt ja suunnittelu edistyvät rinnakkain, asettaa myös laboratoriotöiden järjestelylle normaalia ankarammat vaatimukset. Laboratorion osalta on syytä tarkoin määrittää laboratorion maksimikapasiteetti ja mitkä laboratorio-kokeet muodostavat aikataulussa pulonkaulan. Lisäksi on huomattava, että varsinkin häiriintymättömien näytteiden säilytysaika tulee pyrkiä pitämään pienenä, sillä pidentynyt säilytysaika vähentää tulosten luotettavuutta.

2.332 TUTKIMUSOHJELMAT

Tutkimusten suunnittelu suoritetaan kohdassa 1 annettujen yleisten tutkimusohjeiden suuntaviivojen mukaisesti, jotka kussakin tapauksessa sovitetaan vallitsevia maaperäolosuhteita vastaaviksi. Yksityiskohtaisten tutkimusohjelmien laatiminen tapahtuu tutkimuspäällikön ja valvovan geoteknikon yhteistyön tuloksena. Ohjelmat voivat olla joko vakiotutkimuksia, jolloin tutkimuksissa käytetään määrättyin perustein valittua kairauspisteverkkoa tai pistekohtaisia tutkimusohjelmia, jossa kairattavat pisteet on nimetty. Edellistä järjestelmää käytetään

tään varsinkin alustavissa tutkimuksissa ja silloin, kun maaperäsuhteet ovat säännöllisiä, jälkimmäistä kun maaperäsuhteissa on huomattavia vaihteluja tai kun on kyse erikoisrakenteista (sillat, rummut jne.).

Tutkimusohjelmassa esitetään myös kairaukselle asettavat vaatimukset, kuten vaadittu kairausvyvyys tai kairauksen päättämistapa (tavoite: kallion, kovan pohjan yms. syvyyden selvittäminen).

Tutkimusohjelmat on suositeltavinta laatia kirjallisina esim. kolmena kapaleena, joista yksi jää työn ylivalvojalle, toinen tutkimuspäällikölle ja kolmas luovutetaan työnohtajalle.

Laboratoriotutkimukset voidaan, kuten maastotöissäkin, suorittaa määrättyjen vakiotutkimusohjelmien mukaan tai näytekohtaisin tutkimusohjelmin. Kummankin soveltuvuusalue on harvittava kussakin tapauksessa erikseen.

Tarkka tutkimusohjelmien laatiminen merkitsee lisääntyneitä kustannuksia tutkimusten suunnittelussa, mutta tuo vastaavasti huomattavia säästöjä tutkimuskustannuksiin (tutkimuspisteiden tarkoituksenmukainen sijoitus, kairausvyvyys, työn järjestely jne.). Se lisää tutkimusten luotettavuutta ja niistä saatavan tiedon määrää.

2.34 KENTTÄTUTKIMUSTEN SUUNNITTELU

Tutkimussuunnittelun tehtävänä on laatia tutkimusohjelmat, joiden perusteella tutkimustyöt suoritetaan. Järkevän tutkimussuunnittelun edellytyksenä on ainakin likimääräinen tieto

vallitsevista maaperä- ja tutkimusolosuhteista sekä riittävät lähtötiedot varsinaisiin suunnittelutehtäviin liittyvistä kysymyksistä, kuten teiden poikkileikkauksen mitoituksista, alustavasta linjauksesta ja tasauksesta, siltojen ja muiden erikoisrakenteiden paikoista jne. Mikäli tutkimuskohteen maaperäolosuhteista ei ole minkäänlaisia tietoja, on yleensä syytä käyttää hyväksi alueen geologiseen selvittelyyn liittyviä menetelmiä, joita on käsitelty osassa I kohta 4.1. Ennen laajojen kairausohjelmien aloittamista on aina pyrittävä suorittamaan kohdan 1.1 mukainen yleisselvitys alustavine kairauksineen. Yleisselvityksen tehtävänä on paitsi palvella alustavaa suunnitteluvaihetta, myös tarjota riittävästi tietoja maaperästä varsinaisen tutkimusohjelman laatimista varten.

2.341 ERI TUTKIMUSMENETELMIEN TEKNIILLISET MAHDOLLISUUDET JA RAJOITUKSET

Taulukossa 1 on esitetty luettelo tavallisimmista tutkimusmenetelmistä, niiden käyttöalueista ja niillä maaperästä saatavat tiedot. Erillisessä huomautussarakkeessa on lisäksi annettu lisätietoja mm. kairauksen tunkeutumiskyvystä ja niiden soveltuvuusalueesta.

Taulukon avulla on pyritty antamaan yleiskuva eri tutkimusmenetelmien käyttökelpoisuudesta erilaisissa maaperäolosuhteissa. Koska kuitenkin maaperä on luonteeltaan yleensä aina epähomogeenista, on tutkimusmenetelmän soveltuvuutta usein vaikea tietää

varmasti etukäteen. Niinpä parhaat tulokset tutkimusmenetelmän valinnassa saavutetaan ainoastaan pitkäaikaisen kokemuksen tuloksena. Lisäksi on huomattava, että vaikeissa olosuhteissa muodostuu kairaustyönjohtajan ammattitaito ja neuvokkuus usein kairauksen onnistumisen kannalta ratkaisevaksi tekijäksi.

Kuljetus- ja siirtomahdollisuuksien puolesta tutkimuskalusto voidaan jakaa esim. seuraavasti:

- 1) Tutkimusvälineistön yhteinen paino alle 250 ... 300 kg (mm. pisto- ja lyöntikairat, painokaira, siipikaira, tärykaira, heijarikaira ja useimmat maanäyteenottokairat).

Siirto maastossa voidaan yleensä tehdä miesvoimin: kesällä kantamalla ja talvella ahkiolla. Eräissä tapauksissa voidaan pitkiä kuljetuksia maastossa tehdä talviolosuhteissa lumikiitäjällä. Kaluston kuljetukset tiellä voidaan tehdä traktorilla, kuorma-autolla ja usein henkilöautolla.

- 2) Tutkimusvälineistön paino 300 ... 1 000 kg (mm. raskaat heijarikairat, vaunuporakoneet, syväkairakoneet).

Maastossa voidaan miesvoimin tehdä ainoastaan suhteellisen lyhyitä siirtoja. Syväkairakoneella voidaan myös tehdä lyhyitä siirtoja vinssillä koneen omaa vetokykyä apuna käyttämällä. Pitemmät siirrot maastossa tehdään traktorilla, maastovaunulla tai joskus hevosajoneuvolla. Kuljetukset teitä pitkin tehdään traktorilla tai kuorma-autolla.

Taulukko 1. Pohjatutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmä	Käyttöalue	Maaperästä selville saatavat tiedot	Huomautuksia
Maastotarkastus	Kaikki maalajit	Tutkittavan alueen topografiset ja geologiset olosuhteet	Silmävaraisia havaintoja. Maastotarkastus on tehtävä ennen pohjatutkimuksen aloittamista
Rakennusgeologinen kartoitus	Kaikki maalajit	Tutkittavan alueen rakennuskelpoisuus ja osa-alueille soveltuvat perustamismenetelmät	Laajojen tutkimusalueiden ja kaavoitustöiden pohjatutkimukset aloitetaan rakennusgeologisella kartoituksella. Tutkittavalta alueelta laaditaan maalajikartta. Tutkimusta täydennetään kairauksilla ja näytteiden otolla
Koekuoppa	Kaikki maalajit	Kallion tai kiinteän pohjakerroksen sijainti, maaperän rakenne, pohjaveden pinnan korkeus. Koekuopasta voidaan ottaa luonnontilaisia ja häiriintyneitä näytteitä. (Kaivuuvaikeusluokka)	Matalat koekuopat kaivetaan tavallisesti käsityönä pohjaveden pinnan yläpuolella. Käsin kaivettavat 2...3 metriä syvemmät kuopat on yleensä tuettava. Syvät koekuopat (2...5 m) kaivukoneella
Lyöntikairaus	Kaikki maalajit	Kallion tai kiinteän pohjakerroksen sijainti. Likimääräinen arvio maalajeista.	
Tärykairaus	Kaikki maalajit	Kallion ja kiinteän pohjakerroksen sijainti	Soveltuu lähellä maanpintaa olevan kallionpinnan sijainnin määrittämiseen. Viemäri- yms. linjojen pohjatutkimuksiin usein soveltuva väline. Taloudellinen kairausvyvyys kitkamaalajeissa 8...10 m.
Painokairaus	Karkearakeiset maalajit Hienorakeiset maalajit	Kallion tai kiinteän pohjakerroksen sijainti. Maalajien rakenteellinen tiiviyys ja kerrosten likimääräiset rajat	Painokairaa käytetään vain löyhissä ja vähäkivisissä maalajeissa. Maalajien rakenteellinen tiiviyys voidaan selvittää vain likimääräisesti
Kevyt heijarikaira	Karkearakeiset vähäkiviset maalajit Hienorakeiset maalajit	Maalajien rakenteellinen tiiviyys ja kerrosten likimääräiset rajat	Kairausvyvyys löyhissä karkearakeisissa maalajeissa 7...8 m ja hienorakeisissa maalajeissa 6...7 m. Kevyt heijarikaira soveltuu lähinnä löyhien ja kivetöiden kitkamaalajien rakenteellisen tiiviyden likimääräiseen määrittämiseen

Tutkimusmenetelmä	Käyttöalue	Maaperästä selville saatavat tiedot	Huomautuksia
Raskas heijarikaira	Moreenimaalajit Karkearakeiset maalajit Hienorakeiset maalajit	Kallion tai kiinteän pohjakerroksen sijainti. Maalajien rakenteellinen tiiviyys ja kerrosten likimääräiset rajat. Esim. tukipaalujen pituus. (Kaivuunvaikeusluokka)	Heijarikairalla voidaan määrittää lähinnä vähäkiivisten, karkearakeisten maalajien rakenteellinen tiiviyys likimäärin. Kairalla voidaan ottaa häiriintyneitä maanäytteitä
Puristin-kairaus	Hienorakeiset maalajit Löyhät ja vähäkiiviset karkearakeiset maalajit	Karkearakeisten maalajien rakenteellisen tiiviyys Hienorakeisten maalajien leikkauslujuuden suuruusluokka. Maakerrosten likimääräiset rajat	Soveltuu autoon tai traktoriin asennettuna ja moottorikäyttöisenä laajojen alueiden pohjatutkimuksiin. Käsitäyttöisenä hidas ja hankala
Siipi-kairaus	Hienorakeiset maalajit	Kuivattamaton leikkauslujuus. Esikuoritus likimääräisesti, kun plastisuusluku tunnetaan	Siipikaira soveltuu lähinnä koheesio- ja silttimaalajien (sekä maatuneen turpeen) leikkauslujuuden määrittämiseen
Syväkairaukset — maaputkikairaus — maaputkijunttaamalla	Kaikki vähäkiiviset maalajit	Kallionpinnan sijainti, maakerrosten rajat, maalajit (näytteet). Pohjaveden pinta	Soveltuu mm. siltapaikkojen, tieleikkausten maanotopaikkojen ja maa-ym. patojen pohjatutkimuksiin.
— maaputkikairaus — ”keisinki”	Kaikki maalajit	Kuten edellä, mutta maanäytettä ei saada muuten kuin huuhteluvuoden mukana. Varma kalliopinta	Tulee kysymykseen silloin, kun muilla menetelmillä ei saada riittävästi tietoja maaperästä. Maalajit, kaivuunvaikeus ja maan irrotettavuus
Timanttikairaus (kal-liokairaus)	Kalliossa	Kallioperän laatu ja varma sijainti	Soveltuu kaikkiin sellaisiin töihin, joissa kallio- perästä täytyy saada tarkka kuva. Väestönsuojat, tunnelit yms.
Paineilma-kairaus	Kaikki maalajit sekä kallio-kairaukset	Maalajien rajat karkeasti, kallion pinta tarkasti sekä kallion laatu likimääräisesti kairausvastuksen ja kivijauheesta otettujen näytteiden perusteella	Soveltuu mm. siltapaikkojen, tieleikkausten, rakennuspohjien tutkimuksiin, joissa täytyy selvittää kallion pinnan sijainti nopeasti ja verrattain taloudellisesti

Tutkimus- menetelmä	Käyttöalue	Maaperästä selville saatavat tiedot	Huomautuksia
Seismiset luotaukset	Kaikki maalajit	Kallion ja kiinteän pohjakerroksen sijainti. Maakerrosten rajat likimääräisesti (Kaivuvaikeusluokka)	Laajojen alueiden pohjatutkimusväline. Seismisten mittausten tulokset on aina tarkistettava kairausten avulla
Näytteiden otto:			
— Kierre- kaira	Kivettömät maalajit	Kierre-, lapio- ja kannukairoilla otetaan häiriintyneitä näytteitä mm. maalajien luokittamista varten	Kierre- ja lapiokairoilla saadaan näytteitä yleensä vain pohjavedenpinnan yläpuolelta
— Lapio- kaira	Kivettömät maalajit		
— Kannu- kaira	Hienorakeiset ja eloperäiset maalajit		Kannukairalla voidaan ottaa häiriintyneitä näytteitä myös pohjaveden pinnan alapuolelta
— Mäntä- kaira	Hienorakeiset maalajit	Mäntäkairoilla otetaan luonnontilaisia näytteitä mm. lujus- ja painumisominaisuuksien määrittämistä varten	Mäntäkairat soveltuvat lähinnä koheesiomaalajeihin ja hienorakeisiin siltimaalajeihin. Luonnontilaisten näytteiden ottaminen moreenimaalajeista ja karkearakeisista maalajeista ei ole mahdollista

3) Kairaussyksiköt, jotka on kiinteästi kiinnitetty kuorma-autoon, traktoriin tai maastovaunuun.

Varsinkin 2. ja 3. ryhmään kuuluvien tutkimusvälineiden siirrot maastossa ovat talviolosuhteissa erittäin hankalat suorittaa. Eräissä tapauksissa voidaan tosin pintamaan routaantumista ja järvien, jokien sekä soiden jäätymistä käyttää tehokkaasti hyväksi.

Itse kairaustyön suoritukselle eivät talviolosuhteet yleensä merkitse voitamatonta estettä. Vaikeuksia aiheuttavat lähinnä routakerroksen puhkaaminen, märkien kairausvälineiden käsittely pakkasella ja eräissä tapauksissa vesilinjojen jäätyminen sekä koneiden käynnistymisvaikeudet. Eräiden töiden osalta on pakkaskautena edullisinta järjestää työt kolmeen vuoroon, jolloin tarvitaan työmaan valaistus sekä lämmin työmaasuojia. Häiriintymättömät maanäytteet on talvella suojattava jäätymiseltä.

2.342 TYÖSAAVUTUKSET JA KUSTANNUKSET TUTKIMUSTÖISSÄ

Tutkimuskustannukset voidaan maastotöiden osalta jakaa seuraavasti:

Työnjohto (palkat lakimääräisine sosiaalikustannuksineen, päivärahat, matkakustannukset, ylityölisät ja yleiskustannuslisä palkkoihin).

Aputyövoima (palkat lakimääräisine sosiaalikustannuksineen, erilaiset palkalisät, matkakorvaukset ja yleiskustannuslisä palkkoihin).

Kalustokustannukset (kaluston vuokrat tai vaihtoehtoisesti kaluston pää-

omakustannukset, poistot sekä kaluston huoltojen, korjausten ja keskusvaraston aiheuttama yleiskustannuslisä).

Kulutustarvikkeet (poltto- ja voiteluaineet, puutavara ja muut tarveaineet).

Rahdit ja kuljetukset (kuljetusvälineistön ja -henkilöstön aiheuttamat kulut).

Työmaan yleiskulut (työmaakonttorin, kalusto- ja ruokailusuojiin jne. kulut).

Tutkimuskustannusten laskentata-voissa esiintyy verrattain suurta vaihtelua sen mukaan sisällytetäänkö näihin erilaiset yleiskulut (työmaa, kairausvälineiden keskusvarasto, muu organisaatio), kalustokustannukset jne. Mikäli kuitenkin on kyseessä pelkästään eri kairausmenetelmien kustannusvertailu, ei kustannusten laskentatavalla ole lopputuloksen kannalta kovinkaan suurta merkitystä. Ratkaisevia ovat tällöin eri tutkimusten työsaavutukset.

Taulukossa 2 on esitetty keskimääräisiä päiväkohtaisia työsaavutuksia tavallisimpien kairausmenetelmien osalta, kun pistetiheydet liikkuvat normaaleissa tietutkimuksissa käytetyissä rajoissa. Työsaavutusten keskimäärän alaraja edustaa työmaata, jossa pistetiheys on suhteellisen harva, aputyövoima on valikoimatonta ja tutkimusten valvontaan ei ole mahdollista kiinnittää riittävästi huomiota.

Keskimäärien ylärajat edustavat tilannetta, jossa suurin osa kairauksista tehdään pistevälein 10...40 m, aputyövoima on työhön soveltuva ja työn valvonta tehokasta. Taulukkoa

voitaneen käyttää apuna tutkimusaika-
taulujen laatimisessa sekä eri tutki-
musmenetelmien kustannusvertailussa.

Taulukoissa 3 ja 4 on yhteenvedo-
eräistä tyh:n suorittamien tutkimuk-
sien kustannuksista.

*Taulukko 2. Keskimääräisiä yhden työryhmän päiväkohtaisia työsaavutuksia
tavallisimmilla tutkimusmenetelmillä.*

Kairaustapa	Työsaavutus erilaisissa maaperäolosuhteissa					
	Koheesioma ja löyhä kitkamaa			Tiivis kitkamaa		
	Työ- saavutus m	Pisteiden lukumäärä		Työ- saavutus m	Pisteiden lukumäärä	
		Kair.syv. < 10 m	Kair.syv. > 10 m		Kair.syv. < 10 m	Kair.syv. > 10 m
Painokairaus	25... 70	3... 8	2... 6	12...30	3...5	1...2
Puristinkairaus	70...140	8...14	6...10	50...80	4...9	3...6
Siipikairaus (ruotsal.)	10... 25	2... 3	1... 2	—	—	—
Siipikairaus (suomal.) ..	20... 35	3... 5	1... 3	—	—	—
Heijarikairaus	15... 50	2... 3	1... 2	10...25	1...2	≤1
Häiriintymättömät näytteet mäntäkairalla	10... 20	2... 3	≤ 1	—	—	—
Häiriintyneet näytteet pie- noismäntäkairalla ..	20... 40	3... 5	1... 3	—	—	—

Kairaustapa	Työ- saavutus m	Pisteiden lukumäärä		Työ- saavutus m	Pisteiden lukumäärä	
		Kair.syv. < 5 m	Kair.syv. > 5 m		Kair.syv. < 5 m	Kair.syv. > 5 m
Lyöntikairaus	20...45	5...10	3...8	10...25	3...6	2...4
Tärykairaus	25...90	6...12	4...9	15...50	4...8	3...6

Kairaustapa	Lapiolla (2 miestä)		Kaivukoneella		Syväkairaus			
	Kuoppien lukumäärä		Kuoppien lukumäärä		Pisteiden lukumäärä			
	Kaivussyvyys		Kaivussyvyys		Maakairaus		Kalliokairaus	
	< 1 m	1...3 m	< 3 m	> 3 m	Kairausvyvyys		Kairausvyvyys	
Koekuoppa	10...30	1...3	3...5	2...4	< 10	> 10	< 10 m	> 10m
					5...10	2...4	4...6	2...5
Tutkimustapa	Työsaavutus m	Luotausväli 25 m	Luotausväli 50 m					
Seisminen luotaus	300...600	300...500	400...600					

Taulukko 3. Maaperätutkimuksien kustannusten yhteenvetotaulukko Uudenmaan piiristä ajalta 1. 7. 67—31. 3. 69.

Työn laatu	Työtulos			Palkkauskustannukset						Yht. mk/m	Kuljetus-	
				Miehet			Työnjohto		Autojen korjaus ym.			
	m	reikiä kpl	näytteitä kpl	h	mk	mk/m	mk	mk/m	mk		mk/m	
Painokairaus	5 416.5	649	—	4208	14 676.68	2.7	13 483.90	2.5	5.2	13 729.28	2.5	
Koneellinen painokairaus ...	4 054.2	532	—	2668	9 370.76	2.3	8 026.80	2.0	4.3	2 816.96	0.7	
Siipikairaus	4 390.3	601	—	4253	15 345.07	3.5	14 455.23	3.3	6.8	4 121.70	0.9	
Näytteiden otto	1 353.9	235	2599	1707	6 231.39	4.6	5 679.81	4.2	8.8	1 623.34	1.2	
Häiriintymättömien näytteiden otto	74.6	6	73	199	710.37	9.5	635.32	8.5	18.0	172.54	2.3	
Syväkairaus	1 017	92	581	7032	25 106.04	24.7	22 609.40	22.2	46.9	704 076	6.9	

Taulukko 4. Yhteenvelto vuosien 1967 ja 1968 ajalta tvb:n maatutkimustoimiston syväkairauskustannuksista ja työtuloksista.

Kone	Kustannukset													
	Palkat		Päiväraha		Timanttiterät		Poltto ja väline		Kuljetus		Pääoman kuol.		Sekal. menot	
	mk	%	mk	%	mk	%	mk	%	mk	%	mk	%	mk	%
Craeliusch-90	29 451	33.6	11 205	12.8	20 545	23.4	1 516	1.7	7 662	8.8	11 743	13.6	2 776	3.2
Longyear junior	6 746	58.9	2 505	21.9	—	—	461	4.0	407	3.6	767	6.7	160	1.4
Maaputkikaifra	33 799	59.4	11 477	20.2	—	—	1 387	2.4	4 040	7.1	2 591	4.6	1 705	3.0

2.343 YHTENVETO TUTKIMUSMENETELMIEN VALINTAPERUSTEISTA

Tutkimusmenetelmän valinnassa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin teknillisiin vaatimuksiin:

— Menetelmän tulee soveltua vallitseviin maaperäolosuhteisiin. Koska maaperäolosuhteista ei useinkaan

ole edeltä käsin riittävää käsitystä (maastotarkastus, maaperänkartoitus, alustavat tutkimustulokset tai tutkimuskohteen läheisyydessä suoritettut muut tutkimukset), sisältyy tutkimusmenetelmän valintaan monessa tapauksessa riski siitä, että tutkimusta ei voida suorittaa valitulla menetelmällä tai että saatuja tuloksia ei kyetä tulkitsemaan

kustannukset			Tutk.välin. kulutus		Siirrot ja mittaustyöt		Piirtämistyöt		Huoltotyöt		Yht. mk/m	Vaihtelurajat mk/m
Poltto ja v.aineet												
mk	mk/m	Yht. mk/m	mk	mk/m	mk	mk/m	mk	mk/m	mk	mk/m		
2 091.96	0.4	2.9	738.42	0.1	4 616.02	0.9	3 693.78	0.7	2 593.45	0.5	10.3	6.11... 10.32
1 604.92	0.4	1.1	421.63	0.1	3 800.24	0.9	2 885.52	0.7	2 170.32	0.5	7.6	4.69... 9.91
2 294.20	0.5	1.4	1 060.30	0.2	4 847.19	1.1	3 476.10	0.8	2 572.27	0.6	10.9	9.00... 19.66
900.03	0.7	1.9	529.71	0.4	1 937.37	1.4	1 271.52	0.9	951.19	0.7	14.1	12.09... 22.26
104.13	1.4	3.7	—	—	271.43	3.6	54.62	0.7	129.24	1.7	27.7	18.11... 36.18
3 910.08	3.9	10.8	6 019.18	5.9	9 083.50	8.9	2 991.16	2.9	4 283.56	4.2	79.6	47.30...105.97

		Työtulokset						Työtuntien jakautuminen								Kokonais- kulut	
Korjaus		reikiä kpl	maakoraus m	kallo kairauksia m	näytettä kpl	reian kestis. m	kairaus kus- tannus mk/m	Siirto ym.		Kairaus		Huolto		Yhteensä		mk	%
mk	%							h	%	h	%	h	%	h	%		
2 550	2.9	58	705.1	218.0	145	15.9	94.8	2644	36.9	4336	60.2	206	2.9	7186	39.9	87 448	56.1
401	3.5	50	298.9	—	289	6.0	38.1	697	34.6	1215	60.5	98	4.9	2010	11.3	11 447	7.4
1 867	3.3	179	1 776.2	—	977	9.9	32.0	2628	29.9	5604	63.6	566	6.5	8798	48.8	56 866	36.5

tydyttävästi. Mikäli ratkaisu joudutaan valitsemaan suhteellisen kalliiden tutkimusmenetelmien joukosta tai tutkimusohjelma on laaja, on tarpeen vaatiessa syytä suorittaa alustavia lisäkairauksia halvemmilla tutkimusmenetelmillä, jotta saataisiin riittävä käsitys vallitsevista maaperäolosuhteista etukäteen.

— Tutkimusmenetelmän ja kaluston tulee soveltua vallitseviin olosuhteisiin. Tällaisia ovat ilmasto-olosuhteet, vuodenaika, maaston topografia ja pinnanmuoto, suot ja vesistöt, kasvillisuus sekä kuljetustien sijainti.

— Tutkimusmenetelmän tulee vastata niitä kalustollisia, tiedollisia ja taloudellisia resursseja, jotka ovat käy-

tettävissä tai jotka voidaan koh-
tuullisesti saavuttaa.

- Tutkimusten suoritusnopeuden tu-
lee vastata asetettua aikataulua.
- Tulosten tarkkuuden ja luotetta-
vuuden tulee vastata asetettuja
vaatimuksia.

2.344 NÄKÖKOHTIA TUTKIMUS- TEN VAATIMUSTASOSTA

Tutkimusten teknillisen vaatimus-
tason tulee olla niin asetettu, että
puutteellisista tutkimustuloksista joh-
tuvia suunnitelman muutoksia ei nor-
maalitapauksissa jouduta tekemään.
Tällaisia ovat siltojen ja muiden taito-
rakenteiden perustamistavan muutok-
set, pehmeikköjen pohjanvahvistusta-
van muutokset, massojen laadun tai
määrän olennainen poikkeaminen suun-
nitelman edellyttämästä jne.

Teknillisen vaatimustason mukainen
tutkimusohjelma on minimitutkimus-
ohjelma. Tutkimusten määrää voidaan
tästä lisätä niin kauan kuin se kat-
sotaan taloudellisesti tuottavaksi työn
suunnittelun ja suorituksen parantu-
misen, materiaalin menekin vähenemi-
sen, erilaisten riskitekijöiden pienene-
misen jne. ansiosta. Tutkimusten ta-
loudellinen vaatimustaso on näin ollen
optimaalinen tutkimusohjelma, josta
tutkimusten määrän lisääminen ei ole
taloudellisesti perusteltavissa.

Kuvassa 48 on esitetty yksinker-
taistettu esimerkki erästä tielinjan
leikkauskohteesta, jossa on suoritettu
alustavia tutkimuksia tärykairamalla
ja todettu maaperä vaikeasti kairatta-
vaksi. Kuvassa esitetty ensimmäisen

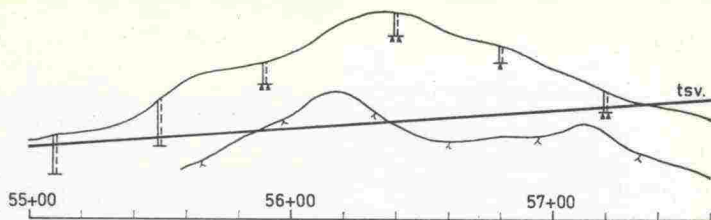
esimerkin mukainen jatkotutkimus-
ohjelma on antanut tuloksen, joka
ilmeisestikään ei täytä edellä määri-
telyä teknillistä vaatimustasoa. Esi-
merkin 3 mukaisessa tapauksessa,
jossa kallion pinta on selvitetty ras-
kaalla kairauskalustolla, ylittäneen
useimmissa tapauksissa taloudellisen
kannattavuustason. Esimerkin 2 mu-
kainen tutkimusohjelma täyttäneen tässä
tapauksessa kaikkein parhaiten jatko-
tutkimukselle teknisessä ja taloudelli-
sessa mielessä asetettavat vaatimukset.

2.35 TUTKIMUSTULOSEN KÄSITTELY

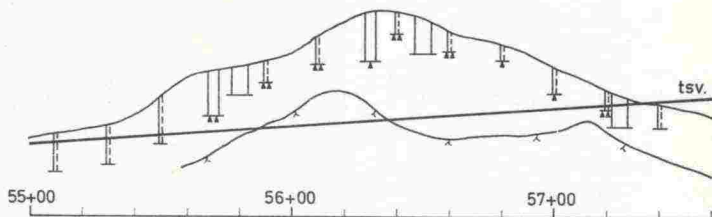
Tutkimustulosten käsittelyllä pyri-
tään saattamaan alkuperäinen maas-
tosta ja laboratoriosta saatu tutkimus-
aineisto havainnolliseen muotoon niin,
että tuloksia voidaan käyttää mahdol-
lisimman tehokkaasti hyväksi sekä
suunnittelu- että rakennusvaiheessa.
Koska tutkimuksiin on useissa tapauk-
sissa käytetty huomattavia rahasum-
mia, on myöskin syytä kiinnittää huo-
miota sellaisten tutkimustulosten kä-
sittelyyn ja taltioimiseen, jotka näen-
näisesti ovat suunnitelman muutosten
takia menettäneet merkityksensä.

Tutkimustulosten järjestyksen kä-
sittelyn edellytyksenä on, että esitys-
tavat ja laadittavien piirroksien yleis-
linja on ratkaistu jo suunnittelutyön
alussa. Tällöin voidaan välttyä monin-
kertaiselta piirustustyöltä, joka lisään-
tyneiden kustannusten lisäksi merkit-
see virhelähdettä tutkimustuloksien
muuntautumismahdollisuuksien muo-
dossa.

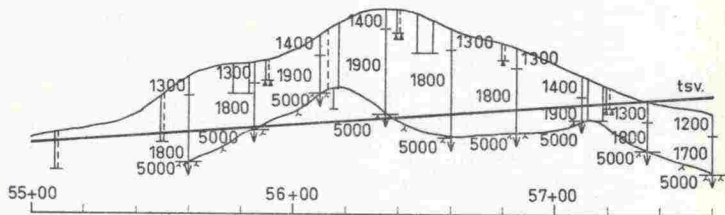
Alustava tutkimus



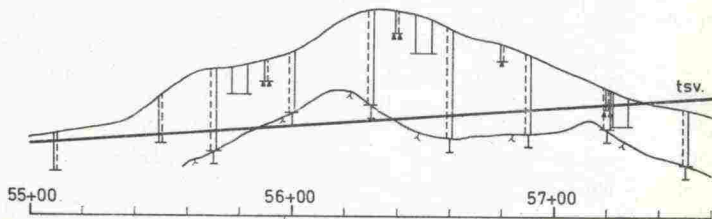
Täydentävä tutkimus esim. 1



Täydentävä tutkimus esim. 2



Täydentävä tutkimus esim. 3



Kuva 48:
Esimerkki vaihtoehtoisista tutkimusohjelmista.

2.351 TUTKIMUSTULOSTEN MUISTIINMERKITSE- MINEN

Maastotutkimusten tulokset voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- 1) havaintopöytäkirjat
- 2) kirjalliset raportit
- 3) piirroksot, piirturidiagrammit, valokuvat jne.

Eri kairausmenetelmiin ja muihin tutkimuksiin liittyvät havaintopöytäkirjat täytetään maastossa sitä mukaa kuin työ edistyy. Havaintotulokset on merkittävä pöytäkirjoihin välittömästi työn aikana eikä myöhemmin muistinvaraisesti. Pöytäkirjoissa on, mikäli mahdollista, annettava kaikki niissä pyydetty tiedot, jotta tulosten myöhemmissä käsittelyvaiheissa ei synnyisi epäselvyyksiä.

Kaikista maastossa suoritettujen silmävaraisten tarkastelujen ja tutkimusten tuloksista, jotka eivät käy ilmi kairaus- tai näytteenottopöytäkirjoista, laaditaan erillinen kirjallinen raportti. Siinä ilmoitetaan tutkimuspisteiden sijainti, tutkimusaika, tutkimuksen suorittaja sekä tutkimustulokset ja -havainnot.

Tulosten esittäminen piirustuksina tehdään esim. maastokartoituksissa, sidontapiirustuksissa, esittäessä vanhoja rakenteita jne. Piirustukset tulee tehdä niin selviksi, että puhtaaksi piirtäminen voidaan tehdä suoraan niiden perusteella.

Tutkimustuloksia ei saa koskaan jättää yksinomaan muistinvaraisiksi tai ainoastaan suullisesti esitetyiksi.

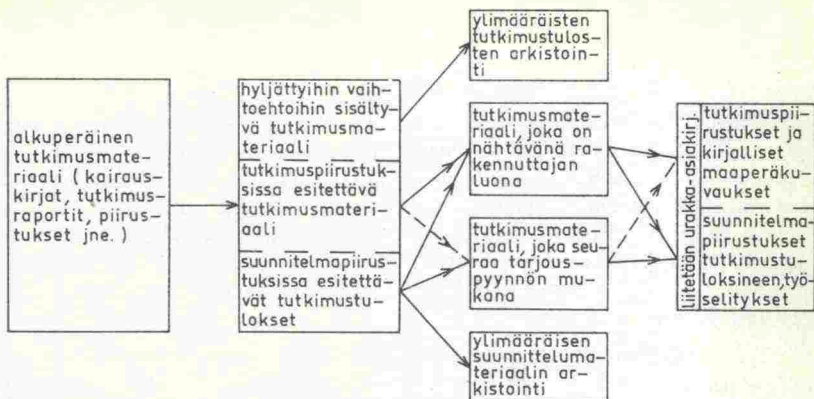
Varsinaisten tutkimustulosten lisäksi tutkimustyömailta joudutaan yleensä tekemään erilaisia ilmoituksia, jotka ovat välttämättömiä työtilanteen seuraamisen ja tutkimusten valvonnan kannalta ja joista sovitaan kussakin tapauksessa erikseen. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset kaluston käyttöä, työajan jakaantumista ja työsaavutuksia koskevat ilmoitukset. Ilmoitukseen voidaan tarpeen mukaan liittää muita työtä koskevia selvityksiä (esim. työmaapäiväkirjan merkintöjä).

Laboratoriotöiden osalta on eri kohteita varten yleensä valmiita lomakkeita, joilla tavallisesti myös suoritetaan tarvittavat laskutoimitukset. Usein tulokset piirretään lisäksi havainnollistavien käyrien muodossa.

2.352 TUTKIMUSTULOSTEN ESITTÄMINEN

Kuvassa 49 on esitetty kaaviokuva tutkimusmateriaalin esittämistarpeesta suunnitelma-asiakirjoissa. Kaaviokuvan mukaisesti tutkimusmateriaali voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- 1) Suoraan arkistoitavat tutkimustulokset, joilla ei ole rakennustyön suorituksen kannalta merkitystä. Ennen arkistointia tutkimustulokset on syytä käsitellä sellaiseen muotoon, että niiden mahdollinen myöhempi hyväksikäyttö on mahdollista (selvitykset käytetyistä mittalinjoista, kairauspisteiden korkeudet jne.).
- 2) Tutkimusmateriaali, joka voidaan esittää suunnitelmapiirustuksissa. Tätä on syytä käyttää hyväksi



Kuva 49:

Kaavio tutkimustulosten esittämisestä suunnitelma-asiakirjoissa.

mahdollisimman suuressa määrin, sillä tällöin estetään tehokkaasti piirustusten määrän liiallinen paisuminen.

- 3) Erillisissä tutkimuspiirustuksissa esitettävät tutkimustulokset. Koska periaatteena tulisi olla kaikkien tutkimustulosten esittäminen, joilla saattaa olla merkitystä rakennusvaiheessa, saattaa tutkimuspiirustusten määrä muodostua eräissä tapauksissa huomattavan suureksi. Paperimäärän liiallista kasvua voidaan tehokkaasti estää käyttämällä apuna pienennystekniikkaa. Erityisen suotavaa tämä on sellaisten piirustusten kohdalla, joista tarvittava kopiomäärä on suuri (esim. urakkatarjouksen mukana lähetettävä aineisto) tai joita muutoin joudutaan usein tarvitsemaan.

2.36 SUUNNITELMA-ASIAKIRJAT

2.361 KIRJALLISET SELVITYKSET

Suunnittelutyön yhteydessä laadittavat kirjalliset selvitykset saattavat poiketa luonteeltaan toisistaan. Ne voivat olla esim. osoitettuja toisille suunnittelijoille (lausuntoja) tai rakentajille (työselityksiä).

1) Lausunnot

Lausunnot sisältävät seuraavaa:

- maaperätutkimusmenetelmiin liittyvät kirjalliset lisätiedot
- perustamisolosuhteiden kuvaus
- arviot perustamismahdollisuudesta mahdoll. vaihtoehtoisuuteen
- perustamistapaa (tai vaihtoehtoja) koskevat lähemmät suunnitelmat

nitteluohjeet sekä sellaisia rakennustyötä koskevia ohjeita, joilla suunnitteluvaiheessa on merkitystä.

Tällainen lausunto voi olla esim. geoteknillisen suunnittelijan antama lausunto rakennesuunnittelijalle. Lausunnon voi myös korvata yhteenveto suunnittelijoiden kesken käydyistä neuvotteluista, joissa asiat on sovittu.

2) Työselitykset

Työselitykset sisältävät seuraavaa:

- perustamistöitä koskevat yleiset työohjeet
- yksityiskohtaiset työohjeet
 - maaperä- ja olosuhdekuvaukset
 - yksityiskohtaiset työohjeet.

Mikäli ko. töistä on olemassa yleinen työselitys (esim. tienrakennustyöt ja sillanrakennustyöt), ei niissä esitettyjä määräyksiä tarvitse enää toistaa. Asiakirjojen noudattamisjärjestyksessä työkohtaiset työselitykset menevät yleisten työselityksien edelle, joten niissä voidaan haluttaessa syrjäyttää yleisen työselityksen määräyksiä.

Varsinkin urakalla rakennettavan kohteen ollessa kysymyksessä on työselityksessä varottava esittämästä rakennuttajaa sitovia otaksumia, ts. työselityksen tulee olla juridisestikin pätevä asiakirja.

Jos alunperin lausunnoksi tarkoitettu asiapaperi liitetään suunnitelmaan rakennustyössä noudatettavaksi työselitykseksi, on se sanamuodoltaan tarkastettava.

Yleisenä periaatteena mainittakoon, että mahdollisimman paljon tietoja esitetään piirustuksissa.

3) Muut selvitykset

Tällainen saattaa olla esim. suunnitelman tarkastuskäsittelyä helpottamaan tarkoitettu kirjallinen perustelu ratkaisuille, joka täten saattaa sisältää geoteknillisiä laskelmia, kustannus- ja teknillisiä vertailuja ja muita ratkaisujen perusteluja.

Myös sellaiset viralliset asiakirjat, joiden perusteella ei vielä suoriteta rakennustyötä, esim. yleissuunnitelma tai erilaisiin juridisiin käsittelyihin menevät asiakirjat (esim. tielain tai vesilain mukainen käsittely), saattavat sisältää maaperäolosuhteita käsittelevää tekstiä, jotka omalta osaltaan perustelevat tehtyjä yleisratkaisuja. Tällainen selvitys saattaa käsittää esim. seuraavaa:

- kuvaus alueen yleisestä geologiasta, rakennuskelpoisuudesta ja rakennusmateriaalien saantimahdollisuuksista
- yksityiskohtaisempi maarakennusteknillinen selvitys, joka käsittää esim. eri vaihtoehtojen eroavaisuudet maarakennusteknilliseltä kannalta, mahdolliset tarkemmat selvitykset maarakennusteknillisistä ratkaisuista jne.

2.362 PIIRUSTUKSET

Piirustuksissa esitetään maaperätutkimustuloksien lisäksi rakenteiden mitoitus. Suunnitelmapiirustuksia ei kä-

sitellä tarkemmin tässä ohjekokoelmassa, vaan niistä annetaan yksityiskohtaiset ohjeet erikseen.

2.37 TUTKIMUSTULOsten JA SUUNNITELMINEN ARKISTOIMINEN

2.371 SUUNNITELMAA KOSKEVAN TUTKIMUSMATERIAALIN TALLENTAMINEN

Lopullisesti vahvistettua suunnitelmaa koskevista tutkimustuloksista osa sisältyy varsinaisiin suunnitelma-asiakirjoihin, osa taas jää vähempiarvoisena ulkopuolelle, mutta on kuitenkin tarvittaessa käytettävissä. Suunnitelma-asiakirjojen ulkopuolelle jäävän tutkimusmateriaalin määrä olisi pyrittävä pitämään mahdollisimman vähäisenä. Molemmat ryhmät ovat aineiston talletukseen nähden samassa asemassa. Suunnitelmaa koskevien tutkimustietojen tallentamista käsiteltäessä on syytä tarkastella asiaa vaiheittain: rakennustyön aikaisen säilytyksen ja pitempi aikaisen säilytyksen kannalta.

Suunnittelu- ja rakennuttamistehtäviä hoitavan viraston arkistotilat on edullista jakaa pääpiirteissään osiin, joista ensimmäisessä säilytetään rakennusvaiheessa olevien töiden papereita. Takuuajan päätyttyä eli noin 1...2 vuotta rakennustöiden päättymisen jälkeen tutkimusmateriaali siirretään toiseen, pitempiaikaiseen talletusosastoon. Tutkimusmateriaalilla saattaa olla myöhemmin vielä huomattavaa

merkitystä esim. toisen rakennusvaiheen tai kaavoitustöiden kannalta, joten sitä ei saa milloinkaan lopullisesti hävittää. Talletustilojen täyttyessä voidaan kuitenkin suorittaa vanhimman aineiston mikrofilmaus, minkä jälkeen alkuperäinen aineisto voidaan hävittää.

Virastossa pidettävä tiekortisto sisältää myös tiedot tiehankkeen suunnittelusta sekä aineiston arkistoinnista.

2.372 MUUN TUTKIMUSMATERIAALIN TALLENTAMINEN

Toteuttamattomien suunnitelmien, yleissuunnitelmien sekä hylättyjen vaihtoehtojen tutkimusmateriaali vaatii osan arkistotiloista. Niistä säilytetään kairauskartat, puhtaaksi piirretyt leikkauspiirustukset tai kairauspöytäkirjat sekä laboratoriotulosten yhdistelmälomakkeet ja mahdollisesti syntyneet kirjalliset selvitykset (ks. yleissuunnitelman esitystavat). Tutkimusmateriaalia ei missään tapauksessa pidä hävittää, koska se on tehtyä työtä ja siitä saattaa olla hyötyä myöhemmin esille tulevien uusien suunnittelutehtävien tai jatkosuunnittelun yhteydessä. Aineistoa käsitellään myöhemmissä arkistointivaiheissa samoin kuin lopullista suunnitelmaa koskevaa materiaalia. Paikallistamisen helpottamiseksi tutkimusaineisto voitaisiin ryhmitellä esim. peruskartan (1:20 000) lehtiäön mukaan. ATK-systeemit tulevat myöhemmin mahdollisesti muuttamaan arkistointimenetelmiä.

2.38 ATK:N KÄYTTÖMAHDOLLI- SUUDET

Tietokoneen käyttöalue maatutkimustoiminnassa on laaja. Tarkasteltaessa ATK:n yleisiä käyttömahdollisuuksia maatutkimustoiminnassa ja geoteknillisessä suunnittelussa voidaan esittää seuraava luettelo:

— Matemaattiset tehtävät.

Tämäntapaiset tehtävät soveltuvat tietokoneella käsiteltäväksi niiden vaikeuden ja suuritoisyyden takia.

— Laskentatehtävät.

Nämä tehtävät eivät aina ole matemaattisesti kovin vaikeita käsitellä tavanomaisin menetelmin, mutta niitä saattaa olla niin paljon, että ne sitovat henkilökuntaa liiaksi rutiinitehtäviin.

— Optimointitehtävät.

Laskettaessa erilaisia teknillisiä ratkaisuja tavanomaisin menetelmin joudutaan usein laskutöiden suuritoisyyden takia tyytymään ensimmäiseen lopputulokseen, joka saadaan ratkaistuksi. Tietokoneen yksi tärkeimpiä sovellutuksia on teknillisten ratkaisujen optimointi. Yleisesti ottaen vasta silloin, kun siirrytään tietokoneen käytössä optimointitehtävien käsittelyyn, päästään käsiksi todella merkittäviin kustannussäästöihin.

— Tietojen käsittely ja arkistointi. Tehtävissä, joissa on kysymys suurien tietomäärien nopeasta ja tehokkaasta käsittelystä ja tallentamisesta, on ATK erittäin käyttökelpoinen apuväline.

— Piirtämistehtävät.

Tietokoneen tulostuslaitteiden; piirturin ja rivikirjoittimen avulla voi-

daan tehdä nopeasti erilaisia karttoja, piirroksia ja diagrammeja. Tietokoneen tulostuslaitteiden avulla on mahdollista kehittää suunnitelmille kokonaan uusia esitystapoja.

Näiden ATK:n yleisten käyttömahdollisuuksien pohjalta tarkastellaan seuraavassa, mitkä ovat ATK:n käyttöä rajoittavat tekijät ja missä järjestyksessä tietokoneen hyväksikäyttöä on tarkoituksenmukaista lisätä. Rajoittavina tekijöinä on otettava huomioon, että tietokoneita on ainoastaan erällä paikkakunnilla. Myöskin tietojen kaukosiirtojärjestelmän laajempi käyttöönotto on vielä tulevaisuuden asia.

Vaiheittaista käyttöönottojärjestystä ajateltaessa on ATK:ta pyrittävä ensikädessä soveltamaan niissä tehtävissä, joissa

- 1) Voidaan säästää rakennuskustannuksia.
- 2) Helpottaa suunnittelua.

Käyttösovellutuksia arvosteltaessa on otettava huomioon lisäksi seuraavat tekijät:

- Voitava suorittaa sellaisia optimointi- ym. tehtäviä, joita ei tavanomaisin keinoin pystytä tekemään.
- ATK:ta on sovellettava ennen kaikkea suuriin ja pitkäaikaisiin suunnittelukohteisiin.
- Laskenta on voitava järjestää riittävän nopeaksi, jotta tulosten odottaminen ei hidasta muuta suunnittelua.

- ATK:ta pyrittävä soveltamaan tehtävissä, jotka vaativat suurten tietomäärien käsittelyä.
- Laskenta on voitava keskittää, jolloin saadaan ohjelmille mahdollisimman paljon käyttöä.

Edellä esitettyjen ATK:n yleisten käyttömahdollisuuksien ja maarakennusteknillisen suunnittelun tietokoneen käytölle asettamien erikoisvaatimusten pohjalta voidaan ATK:n käyttöönottoa toteuttaa seuraavassa järjestyksessä:

- 1) Olemassa olevien tietokoneohjelmien mahdollisimman tehokas hyväksikäyttö:
 - vakavuus- ja painumalaskelmat
 - laadun valvonta
 - kairausdiagrammien piirtäminen
 - seismisten mittausten tulkinta
 - massansiirtojen suunnittelu lineaarisella ohjelmoinnilla
 - geoteknillisten rakenteiden massojen ja kustannusten laskenta.
- 2) Teknillisten ratkaisujen optimointi:
 - paalukentän optimointi
 - syväöjituksen optimointi.
- 3) Maaperätietojen liittäminen numeeriseen maastomalliin:
 - maaperätutkimusten sitominen yleiseen koordinaatistoon
 - käyräkarttojen, poikkileikkausten ja pituusleikkausten piirtäminen tietokoneella
 - maaperätutkimuskarttojen piirtäminen
 - laboratoriotutkimusten käsittely ja piirtäminen tietokoneella.
- 4) Maaperätutkimusten arkistointi:
 - tehtyjen maaperätutkimusten alueellinen kokoaminen tieto-

koneen muistiin siten, että tehdyt maaperätutkimukset voidaan nopeasti tulostaa halutulta alueelta ja halutulla tavalla.

TEKIJÄT

Osan III kirjoitustyön ovat tehneet:

1. ERI KOHTEIDEN TUTKIMUKSET

- Kolhinen, M. (1.1)
- Kauranne, K. (1.21)
- Arhippainen, E. (1.221 ... 1.222)
- Kankare, E. (1.223 ja 1.23)
- Insinööritoimisto Maa ja vesi Oy (Tuisku, T.) (1.24)
- Kankare, E. (1.25)
- Myyrä, V. (1.31)
- Kivekäs, P. (1.32)
- Heikkilä, M. (1.33)
- Insinööritoimisto Maa ja vesi Oy (Kuusela, J., Mälkki, E. ja Natukka, A.) (1.34 ... 1.35)
- Orama, R. (1.36)
- Insinööritoimisto Maa ja vesi Oy (Pekki, P.) (1.37)
- Korhonen, K.-H. (1.38)
- Geotek Oy (Kalla, J.) (1.39)

2. TUTKIMUSTÖIDEN JÄRJESTELY JA NIVELTÄMINEN SUUNNITTELUTYÖHÖN

- Toimikunta, II työryhmä (2.1)
- Kolhinen, M. (2.2)
- Insinööritoimisto Maa ja vesi Oy (Kelkka, A. ja Slunga, E.) (2.31 ... 2.37)
- Insinööritoimisto Viatek (Kokko, T.) (2.38)

Ohjekokoelman sisällön suunnitteluun ja jäsennöintiin sekä kirjoittajien valintaan on eri työryhmien jäseninä osallistunut huomattava määrä tvl:n omaa henkilökuntaa sekä ulkopuolisia asiantuntijoita. Kirjoitusten tarkastaminen ja yhdenmukaistaminen sekä ohjekokoelman lopulliseen painoasuun saattaminen on tehty tvh:n maatutkimustoimiston toimesta.